

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора

Беларус-1025

Обучающийся

М.В. Пестерев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. филол. наук, доцент О.В. Мурдускина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025».

Цель работы – разработка снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 102 страницы с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе выполнен обзор существующей снегоочистительной техники, который показал, что необходима модернизация навесного плужно-роторного оборудования для более рационального и эффективного применения.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт трактора Беларус-1025.

В третьем разделе выполнены конструкторские расчеты основных элементов метателя, баланса мощности, тяговый расчет, подбор гидрооборудования и проектирование элементов навески рабочего оборудования.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки снегоочистителя плужно-роторного типа.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

## **Abstract**

The title of the graduation project is: «The development of a plough-rotary snowplow for the «Belarus-1025» tractor».

The graduation project consists of: an introduction, 6 general parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the construction design of the plough-rotary snowplow for more rational and efficient use, because the operating equipment is removable, which allows using the base vehicle with another operating equipment.

Nowadays, snow is removed mostly from the main trunk and some adjacent roads, while the rest remain uncleaned and unsuitable for the passage. To solve this problem, the light, mobile, maneuverable snowplows with a small and adjustable snow throw distance are needed. In the graduation work we design the plough-rotary snowplow based on the wheeled tractor.

The aim of the project is to develop the design of the plough-rotary snowplow for the «Belarus-1025» tractor.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are: review of existing snowplows; traction-dynamic calculation of the «Belarus-1025» tractor; design calculations of the main elements of the thrower, power balance; traction calculation; selection of hydraulic equipment and design of attachments for operation equipment; determination of the organizational form of assembly of the plough-rotary snowplow, its technological process and labor intensity.

Finally, we analyze the safety and environmental friendliness of the project; and calculate the economic efficiency of the project.

## Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса .....	8
2 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	15
3 Конструкторская часть .....	28
3.1 Описание предлагаемой конструкции плужно-роторного снегоочистителя .....	28
3.2 Расчет основных параметров ротора.....	29
3.3 Расчет баланса мощности.....	32
3.4 Тяговый расчет .....	34
3.5 Подбор гидрооборудования .....	38
3.6 Проектирование элементов навески рабочего оборудования .....	43
3.7 Проверка устойчивости машины и определение усилий на колесах трактора.....	48
4 Технологический раздел.....	51
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	52
4.2 Проектирование технологического процесса сборки снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025 .....	55
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	59
5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны...	60
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	61
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	64
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	70
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания снегоочистителя плужно- роторного типа для трактора Беларус-1025 .....	73
6 Экономическая эффективность проекта.....	76

Заключение .....	87
Список используемой литературы и используемых источников.....	88
Приложение А. Спецификации.....	94

## Введение

«Одной из важнейших задач благоустройства современного города является содержание улиц, площадей и других мест общего пользования в чистоте (в соответствии с санитарными нормами) и в состоянии, отвечающим требованиям бесперебойного и безаварийного движения автотранспорта, путем их регулярной уборки летом и зимой.

Правильная организация зимнего содержания автомобильных дорог невозможна без оснащения специальной снегоочистительной техникой эксплуатационных служб. Увеличение парка машин без изменения их основных параметров и традиционных конструктивных схем не позволяет в полной мере решить указанную проблему, так как наметившаяся тенденция резкого увеличения интенсивности движения автомобильного транспорта осложняет проблему удаления снега с покрытий дорог» [1].

«Особенностью зимней уборки города является необходимость проведения операций, обеспечивающих очистку дорожных покрытий от снега и ликвидацию скользкости в сжатые сроки по всей территории города. Уборка осложняется тем, что обычно трудно предсказать возникновение, продолжительность и силу снегопадов, и образование гололеда. Важнейшее условие качественного выполнения работ – их своевременность, так как в противном случае выпавший снег под воздействием колес автомобилей уплотняется, и на покрытии образуются накаты, снежные колеи, что значительно ухудшает условия проезда» [7].

«Опыт создания отечественных снегоочистителей и данные крупных зарубежных фирм показывают, что наиболее перспективными являются машины, позволяющие очищать покрытия дорог без образования снежных валов на обочинах. К таким машинам относятся роторные снегоочистители, создаваемые на специальных шасси или на базе серийных автомобилей и тракторов. Современные снегоочистители являются сложными и относительно дорогостоящими машинами. Поэтому разработка новых

конструкций основных элементов рабочего оборудования должна быть направлена на интенсификацию процессов очистки покрытий от снега, создание новых высокопроизводительных машин и усовершенствование конструкций машин уже существующих» [22].

На рынке роторных снегоочистителей доминируют шнекороторные и фрезерно-роторные снегоочистители. Доля же плужно-роторных, несмотря на ряд преимуществ, незаслуженно мала. Основным достоинством является простота конструкции рабочего органа, где не требуется привод питателя, а следовательно уменьшаются временные и финансовые затраты на обслуживание. Кроме этого, шнекороторные снегоочистители обладают значительной металлоемкостью и невысокой пропускной способностью, а фрезерно-роторные – громоздкие.

Попыткой, хотя бы частично решить указанную проблему, станет разработка плужно-роторного снегоочистителя в данном дипломном проекте.

## 1 Состояние вопроса

«Роторные снегоочистители снабжены активным рабочим органом, монтируемым, как правило, на самоходном шасси. Захваченная при поступательном движении машины специальными механизмами или вырезанная плугом снежная масса направляется в метательный аппарат снегоочистителя, представляющий собой обычно один или два лопастных ротора. Отсюда она с большой скоростью поступает в улитку – выбросной патрубок ротора – и отбрасывается на большое расстояние в заданном направлении либо поступает в особые приемно-направляющие устройства, с помощью которых выдается в транспортные средства. Роторные снегоочистители предназначены для очистки автомобильных дорог и аэродромов от снежных заносов, для удаления снежных валов, а также для расчистки горных участков дорог от выпавшего, наметенного и лавинного снега» [18].

Их можно использовать как самостоятельные единицы, так и в составе отряда машин вместе с плужными и плужно-щеточными снегоочистителями (для отброса в сторону образованного ими снежного вала). Перекидка снега применяется на мостах, набережных рек и каналов, на проездах, имеющих газоны, полосы насаждений, разделительные полосы, незастроенные территории.

При перекидке снега на проездах с насаждениями следует принимать предохранительные меры, исключая повреждение деревьев и кустарников. Положительные результаты дает установка на роторных снегоочистителях специальных желобов с направляющими козырьками. Это обеспечивает укладку перекидываемого снега на узкой полосе между проезжей частью и насаждениями или даже перекладку его через первый ряд кустарников, что обеспечивает их сохранность.

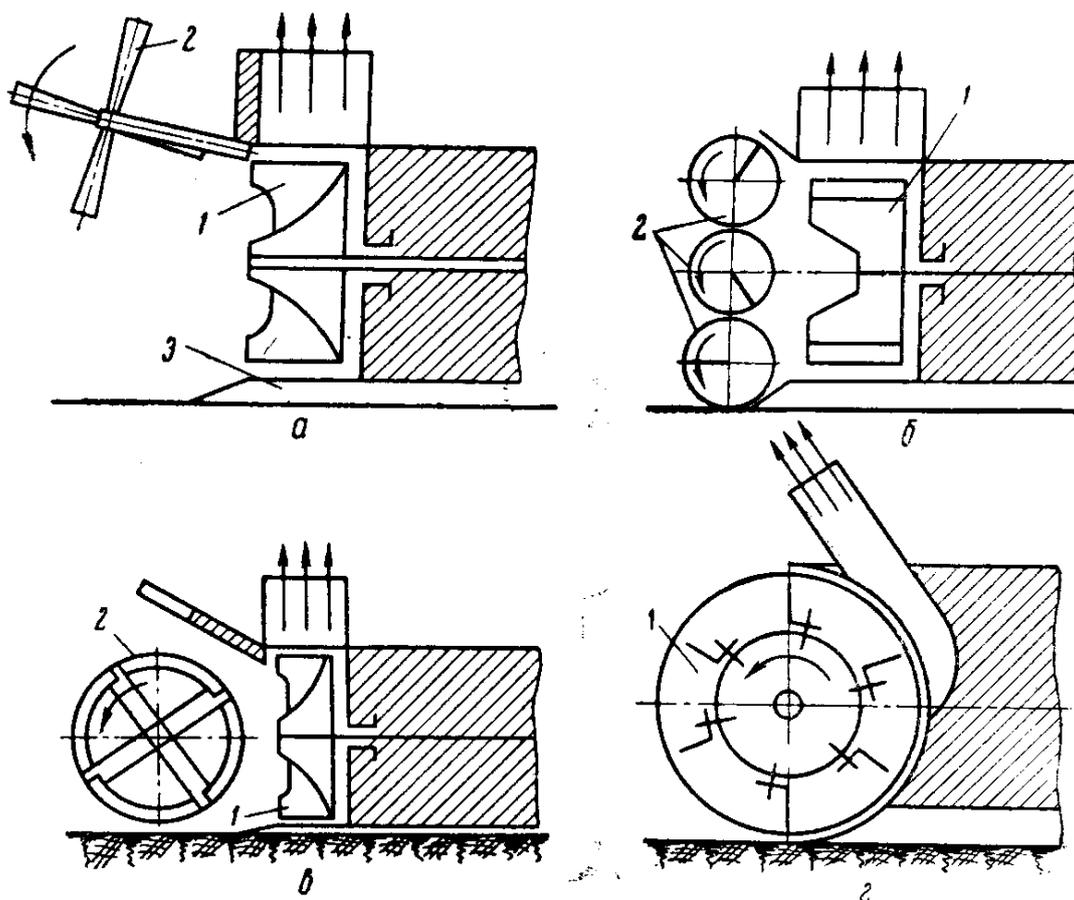
«Учитывая высокую экономичность способа поперечной перекидки (в 5-6 раз дешевле вывоза снега автотранспортом), обеспечение быстрого

удаления снега с проезжей части и невозможность использования этого способа на всех улицах обычного профиля, рекомендуется создавать специальные технические полосы для размещения снега. Такие полосы могут быть расположены на каждой из двух сторон проезжей части широких магистралей или на одной стороне проезжей части узких проездов» [3].

«Основным параметром роторных снегоочистителей является производительность, по которой их разделяют на легкие (производительностью до 200 т/ч), средние (до 1000 т/ч) и тяжелые (более 1000 т/ч). Средняя ширина захвата роторных снегоочистителей составляет от 2,5 до 3,2 м; толщина разрабатываемого снежного покрова от 1,2 до 2 м; дальность отбрасывания снега дорожных снегоочистителей от 18 до 20 м; рабочая скорость снегоочистителей от 0,3 до 5 км/ч.

Современной классификацией роторные снегоочистители подразделяются по типу рабочего оборудования (роторно-торцевые совмещенного действия, плужно-роторные, шнекороторные, фрезерные совмещенного действия, фрезерно-роторные). Базовым шасси может служить автомобиль, колесный и гусеничный тракторы, а также специальное шасси.

«Рабочий орган плужно-роторного снегоочистителя (рисунок 1, а) состоит из плуга с встроенными в нем одним или двумя лопастными роторами с осями, расположенными вдоль продольной оси машины или под небольшим углом к ней. Вырезанная плугом масса снега продвигается по внутренней обшивке его корпуса, выполненной обычно в форме конической поверхности, к ротору, который отбрасывает снег в сторону. Для разрушения снежного козырька, нависшего над снегоочистителем, когда высота снежного слоя превышает высоту рабочего органа, и его обрушения, а также для разрыхления снежной массы, поступающей в ротор, рабочий орган снабжают устанавливаемым впереди рыхлящим валом или пропеллером. Плужно-роторные снегоочистители целесообразно применять при работе на сухом рыхлом снеге небольшой плотности» [4].



а – плужно–роторный снегоочиститель; б – шнекороторный снегоочиститель;  
 в – фрезерно–роторный снегоочиститель; г – фрезерный снегоочиститель с  
 совмещенным рабочим органом; 1 – ротор, фреза; 2 – рыхлящий вал, шнек, фреза;  
 3 – плуг

Рисунок 1 – Схемы рабочих органов роторных снегоочистителей

«Рабочий орган шнекороторного снегоочистителя (рисунок 1, б) состоит из шнекового питателя и лопастного ротора, смонтированных в общем корпусе. В зависимости от диаметра выбранных шнеков и высоты удаляемого за один проход снежного слоя, питатель может иметь один, два или три шнека, горизонтально расположенных один над другим, впереди ротора. Каждый шнек выполнен с правым и левым направлением витков, благодаря чему снег транспортируется к продольной оси машины и подается к центральной части ротора. Шнекороторные снегоочистители хорошо работают на снеге средней плотности и твердости и без принудительного поджатия рабочего органа» [2].

«Рабочий орган фрезерно-роторного снегоочистителя (рисунок 1, в) состоит из фрезерного питателя и одного или двух лопастных роторов, смонтированных в общем корпусе. Фрезерный питатель выполнен в виде безбарабанных фрез большого диаметра с режущими элементами, представляющими собой не сплошные винтовые лопасти, как у шнеков, а винтовые ленты, закрепленные с помощью стоек и раскосов на осях фрез. Каждому ротору придается своя фреза, выполняемая с правым и левым направлением витков, благодаря чему снег транспортируется к центральной части ротора. Совмещенный рабочий орган роторного снегоочистителя может быть выполнен в виде фрезерных барабанов с вертикальными осями, с одинаковым или встречным направлением вращения, в виде фрезерных или шнековых безбарабанных конструкций, или в виде барабана с горизонтальной осью (рисунок 1, г)» [4].

«На городских дорогах в снеге можно часто встретить посторонние включения, поэтому большое значение приобретают средства защиты рабочих органов от поломки.

В городских условиях применяют в основном легкие и средние снегоочистители. Привод рабочего органа таких роторных снегоочистителей осуществляется от двигателя базовой машины через механический или гидравлический привод.

Для очистки городских улиц от снега применяются различные снегоочистители и снегопогрузчики. Но покупать и содержать узкоспециализированные машины экономически невыгодно, поскольку с апреля по октябрь техника простаивает. Поэтому основной тенденцией развития коммунальной техники становится выпуск многофункциональных машин с большим количеством сменного оборудования. Это позволяет использовать одну машину для выполнения требуемых видов работ как в летний, так и в зимний периоды. Комбинированные дорожно-коммунальные и универсальные дорожные машины представляют собой базовое пневмоколесное грузовое шасси, доработанное для установки

легкосменяемого оборудования. Оборудование для зимнего и летнего содержания автомобильных дорог должно быть быстросъемным и не требовать применения специальных грузоподъемных механизмов» [2].

Парк машин дорожно-коммунальных служб включает значительное количество тракторов. Часть этих машин применяются как летом, так и зимой, например, оборудованные погрузочным ковшом. Другая значительная часть тракторов не используется вовсе в зимний период или используется крайне редко, например, с установленными насосными агрегатами или тягачи, служащие для буксирования тракторных тележек. Навеска снегоочистительного оборудования разрабатываемого в данном проекте позволит увеличить коэффициент использования таких машин, что экономически выгодно.

Целью проекта является создание снегоочистительной машины обеспечивающей качественную уборку снега с дорог и отвечающей современным требованиям безопасности.

Следует отметить, что конструкции плужно-роторного снегоочистительного оборудования выпускались и выпускаются рядом зарубежных фирм [1]. У многих моделей присутствуют оригинальные решения в конструкции рабочего оборудования. Так у модели HS-185 фирмы Weilhack рабочий орган имеет два ротора. Роторы, снабженные четырьмя лопастями криволинейного профиля, вращаются навстречу друг другу, обеспечивая захват снега из массива и отбрасывание его в сторону на расстояние до 8 м. Рабочий орган приводится от двигателя трактора мощностью 40 л.с. через вал отбора мощности. При ширине захвата 1,85 м и высоте разрабатываемого слоя снега 1,2 м производительность снегоочистителя, по данным фирмы, составляет от 250 до 500 т/ч в зависимости от условий снегоочистки. Для получения пониженных скоростей при снегоочистке установлен ходоуменьшитель, позволяющий снижать скорость рабочего хода до 1,6 км/ч. Базовая машина – колесный

трактор с управляемыми задними колесами и бесступенчатым гидравлическим приводом имеет трехточечную систему навески.

Плужно-роторное навесное оборудование фирмы Schmidt (модель VS-1) отличается большой шириной захвата (2,07 м), большой дальностью отбрасывания и высокой производительностью (до 10000 м<sup>3</sup>/ч). Обычно это оборудование навешивается на автомобиль «Unimog-411». Мощность двигателя для привода рабочего органа 125 л.с. Это оборудование можно также навешивать на мощный сельскохозяйственный трактор и использовать для очистки от снега автомобильных дорог при больших снежных заносах. Отличительной особенностью рабочего органа этой модели является наличие рыхлителей в виде пропеллеров, насаженных на валы роторов, которые позволяют вырезать уплотненный снег перед подачей в ротор.

Представляет интерес продукция фирмы Le Matériel de Voirie (Франция), которая выпускает плужно-роторное оборудование «Turbojet» модели T-170А специально для сельскохозяйственного трактора. Рабочий орган представляет собой два фронтальных ротора диаметром 1 м, каждый из которых вращается в отдельном цилиндрическом кожухе. Кожухи соединяются в нижней части и образуют подрезной нож. Левый ротор приводится во вращение от вала отбора мощности трактора, и вращение через цепную передачу передается правому ротору. В трансмиссии привода установлена муфта предельного момента для предохранения роторов при встрече с препятствием. Подъем и опускание рабочего оборудования, масса которого 300 кг, осуществляется с помощью гидросистемы трактора. В транспортном положении рабочий орган удерживается специальными хомутами. При относительной малой мощности привода рабочего органа (35 л.с.) и обычных его параметрах (ширина захвата 1,75 м, высота разрабатываемого забоя 1 м) производительность машины составляет 250 т/ч, то есть не уступает производительности более тяжелого снегоочистителя HS-185 фирмы Veilhack.

Обзор существующей снегоочистительной техники показал, что необходима модернизация навесного плужно-роторного оборудования для более рационального и эффективного применения.

Проектируемый снегоочиститель целесообразно выполнить в виде легкоъемного оборудования.

Базовое шасси снегоочистителя должно отвечать ряду требований: во-первых, эксплуатации в городских условиях, то есть оно должно быть мобильно, маневренно, не разрушать покрытия дорожного полотна; во-вторых, быть минимально затратным при покупке и эксплуатации; в-третьих, иметь хорошие эргономические и эстетические свойства; в-четвертых, иметь полный привод колес. Этим требованиям отвечают колесные трактора марки МТЗ.

Для привода рабочего органа планируется использовать объемную гидropередачу.

Вывод по разделу.

В данном разделе рассмотрены вопросы предназначения снегоочистителей, их устройство, конструктивных особенностей различных компоновочных решений. Проведен анализ основных преимуществ и недостатков. Были определены модель и марка колесного трактора для последующей разработки снегоочистителя.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Теоретическая тяговая характеристика позволяет получить наглядное представление о тяговых и топливно-экономических показателях трактора на различных режимах его работы.

Теоретическая тяговая характеристика трактора состоит из двух частей - нижней и верхней. Нижняя часть графика имеет вспомогательное значение и служит для нанесения основных исходных параметров тракторного двигателя. В верхней части графика наносится ряд кривых, показывающих, как в заданных почвенных условиях, при установившемся движении на горизонтальном участке, в зависимости от нагрузки на крюке трактора изменяются его основные эксплуатационные показатели - буксование ведущих органов, скорости движения, тяговая мощность, удельный расход топлива и тяговый КПД трактора.

«Аналитический расчёт и графическое построение теоретической тяговой характеристики трактора производится в следующей последовательности: на листе наносят ось координат с повернутой ординатой вниз. Затем по оси абсцисс от начала координат  $O'$  в принятом масштабе откладывается для каждой передачи максимальная касательная сила тяги, подсчитанная по формуле (1), а и номинальная – формула (2):

$$P_{к\max} = \frac{M_{кр\max} \cdot i_{mri} \cdot \eta_{mri}}{r_k} = A \cdot M_{кр\max}, \quad (1)$$

$$P_{кн} = \frac{M_{крн} \cdot i_{mri} \cdot \eta_{mri}}{r_k} = A \cdot M_{крн}, \quad (2)$$

где  $M_{кр\max}$  – максимальный крутящий момент двигателя;

$M_{крн}$  – крутящий момент двигателя при номинальной частоте вращения коленчатого вала;

$i_{mri}$  – передаточное число трансмиссии;

$\eta_{mri}$  – КПД, учитывающий потери мощности в трансмиссии» [4].

«КПД, учитывающий потери в трансмиссии определяется по формуле:

$$\eta_{mp} = 0,96 \cdot \eta_u^n \cdot \eta_k^{n_1}, \quad (3)$$

где  $\eta_u$  и  $\eta_k$  – соответственно КПД цилиндрической и конической пар шестерен равный 0,98 и 0,96;  
 $n$  и  $n_1$  – число пар шестерен, работающих в зацеплении» [4].

$$\eta_{mp} = 0,96 \cdot 0,98^4 \cdot 0,96^1 = 0,85.$$

Радиус начальной окружности ведущей звездочки:

$$r_k = r_0 + \lambda_{uu} \cdot h_{uu}, \quad (4)$$

где  $r_0$  – радиус окружности стального обода колеса или начальной окружности ведущего зубчатого колеса, м;  
 $\lambda_{uu}$  – коэффициент усадки шин (на вспаханном поле – 0,8);  
 $h_{uu}$  – высота профиля шин, м.

$$r_k = 0,483 + 0,8 \cdot 0,305 = 0,727 \text{ м.}$$

Для I передачи:

$$P_{k \max} = \frac{356 \cdot 83,5 \cdot 0,85}{0,727} = 34755 \text{ Н},$$

$$P_{k \text{ н}} = \frac{334,3 \cdot 83,5 \cdot 0,85}{0,727} = 32637 \text{ Н}.$$

Для II передачи:

$$P_{к\max} = \frac{356 \cdot 68 \cdot 0,85}{0,727} = 28304 \text{ Н},$$

$$P_{кн} = \frac{334,3 \cdot 68 \cdot 0,85}{0,727} = 26578 \text{ Н}.$$

Для III передачи:

$$P_{к\max} = \frac{356 \cdot 57,4 \cdot 0,85}{0,727} = 23892 \text{ Н},$$

$$P_{кн} = \frac{334,3 \cdot 57,4 \cdot 0,85}{0,727} = 22435 \text{ Н}.$$

Для IV передачи:

$$P_{к\max} = \frac{356 \cdot 57,4 \cdot 0,85}{0,727} = 23892 \text{ Н},$$

$$P_{кн} = \frac{334,3 \cdot 57,4 \cdot 0,85}{0,727} = 22435 \text{ Н}.$$

«Учитывая, что касательная сила тяги трактора прямо пропорциональна крутящему моменту двигателя, поэтому по оси абсцисс от точки  $O'$  для каждой заданной передачи в принятом масштабе наносятся крутящие моменты двигателя  $M_{кр\max}$  и  $M_{крн}$  соответственно касательным силам тяги  $P_{к\max}$  и  $P_{кн}$ .

Затем по оси ординат вниз наносятся масштабные шкалы эффективной мощности, часового расхода топлива и частоты вращения коленчатого вала двигателя с таким расчётом, чтобы графики в регуляторной зоне не пересекались.

Далее с учётом количества передач и соответствующих крутящих моментов строится график показателей работы двигателя  $N_e$ ,  $G_T$ ,  $n=(M_{кр})$ .

При этом образуются пучки кривых  $N_e$  с общим центром в точке  $O'$ , кривые  $G_T$  с общим центром в точке  $G_{ТХ}$  и пучок кривых  $n$  с общим центром в

точке  $n_x$  – соответствующие холостому ходу двигателя. Точки перегиба, (вершины) кривых всех показателей регуляторной характеристики двигателя должны находиться на горизонтальной прямой и по вертикали соответствовать номинальным моментам двигателя.

Кривые, расположенные в нерегуляторной зоне в пределах от  $M_{кр\max}$  до  $M_{кр\ n}$  для каждой передачи, строятся по расчетным точкам регуляторной характеристики. Нанесенные кривые на график регуляторной характеристики для каждой передачи заканчиваются при максимальных значениях крутящих моментов,  $M_{кр\max}$ .

Нижняя часть теоретической тяговой характеристики трактора по сути дела является примером построения нагрузочной характеристики двигателя в функции от крутящего момента. При этом, следует учесть, что в зоне перегрузок от  $M_{кр\ n}$  до  $M_{кр\max}$  кривые  $N_e$ ,  $G_T$ , и строятся по точкам регуляторной характеристики, а в зоне действия регуляторов эти показатели изображаются прямыми линиями» [4].

«После построения нагрузочной характеристики определяют силу сопротивления качению по формуле:

$$P_f = f \cdot G, \quad (5)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению;

$G$  – сила тяжести трактора» [4].

$$P_f = 0,16 \cdot 3950 \cdot 9,81 = 6200 \text{ Н.}$$

Величина силы сопротивления качению откладывается по оси абсцисс вправо от точки  $O'$  до точки  $O$ . Полученная точка  $O$  будет являться началом координат непосредственно тяговой характеристики трактора. По оси абсцисс в масштабе касательной силы точки  $O$  отсчитывается сила тяги на крюке трактора, определяемая по формуле:

$$P_{KP} = P_K - P_f. \quad (6)$$

Величина коэффициента буксования может быть посчитана по эмпирической формуле:

$$\delta = ap + bp^c \quad (7)$$

где  $p$  – относительная сила тяги трактора, определяемая по формуле:

$$p = \frac{P_{KP}}{\phi \cdot G}. \quad (8)$$

Безразмерные коэффициенты для колесного трактора принимают равными:  $a=0,13$ ;  $b=0,013$ ;  $c=8$ .

Относительная сила тяги трактора.

Для I передачи:

$$p_1 = \frac{0}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,$$

$$p_2 = \frac{28555}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,87,$$

$$p_3 = \frac{26437}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,8.$$

Для II передачи:

$$p_1 = \frac{0}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,$$

$$p_2 = \frac{22104}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,67,$$

$$p_3 = \frac{20378}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,62.$$

Для III передачи:

$$p_1 = \frac{0}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,$$

$$p_2 = \frac{17692}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,54,$$

$$p_3 = \frac{20378}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,62.$$

Для IV передачи:

$$p_1 = \frac{0}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,$$

$$p_2 = \frac{14195}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,43,$$

$$p_3 = \frac{19152}{0,85 \cdot 38749,5} = 0,4.$$

Коэффициент буксования:

Для I передачи:

$$\delta_1 = 0,13 \cdot 0,87 + 0,013 \cdot 0,87^8 = 0,12,$$

$$\delta_2 = 0,13 \cdot 0,8 + 0,013 \cdot 0,8^8 = 0,11.$$

Для II передачи:

$$\delta_1 = 0,13 \cdot 0 + 0,013 \cdot 0^8 = 0,$$

$$\delta_2 = 0,13 \cdot 0,8 + 0,013 \cdot 0,8^8 = 0,11,$$

$$\delta_3 = 0,13 \cdot 0,67 + 0,013 \cdot 0,67^8 = 0,09,$$

$$\delta_3 = 0,13 \cdot 0,62 + 0,013 \cdot 0,62^8 = 0,08.$$

Для III передачи:

$$\delta_1 = 0,13 \cdot 0 + 0,013 \cdot 0^8 = 0,$$

$$\delta_2 = 0,13 \cdot 0,54 + 0,013 \cdot 0,54^8 = 0,07,$$

$$\delta_3 = 0,13 \cdot 0,5 + 0,013 \cdot 0,5^8 = 0,065.$$

Для IV передачи:

$$\delta_1 = 0,13 \cdot 0 + 0,013 \cdot 0^8 = 0,$$

$$\delta_2 = 0,13 \cdot 0,43 + 0,013 \cdot 0,43^8 = 0,06,$$

$$\delta_3 = 0,13 \cdot 0,4 + 0,013 \cdot 0,4^8 = 0,052.$$

Далее для каждой заданной передачи определяют теоретическую скорость на холостом ходу ( $p_k = 0$ ) по формуле:

$$V_T = 0,377 \cdot \frac{n_D \cdot r_k}{i_{TP}}. \quad (9)$$

Для I передачи:

$$V_{T1} = 0,377 \cdot \frac{2365 \cdot 0,727}{83,5} = 7,76 \text{ км/ч},$$

$$V_{T2} = 0,377 \cdot \frac{2200 \cdot 0,727}{83,5} = 7,22 \text{ км/ч},$$

$$V_{T3} = 0,377 \cdot \frac{1760 \cdot 0,727}{83,5} = 5,77 \text{ км/ч}.$$

Для II передачи:

$$V_{T1} = 0,377 \cdot \frac{2365 \cdot 0,727}{68} = 9,53 \text{ км/ч},$$

$$V_{T2} = 0,377 \cdot \frac{2200 \cdot 0,727}{68} = 8,86 \text{ км/ч},$$

$$V_{T3} = 0,377 \cdot \frac{1760 \cdot 0,727}{68} = 7,1 \text{ км/ч}.$$

Для III передачи:

$$V_{T1} = 0,377 \cdot \frac{2365 \cdot 0,727}{57,4} = 11,3 \text{ км/ч},$$

$$V_{T2} = 0,377 \cdot \frac{2200 \cdot 0,727}{57,4} = 10,5 \text{ км/ч},$$

$$V_{T3} = 0,377 \cdot \frac{1760 \cdot 0,727}{57,4} = 8,4 \text{ км/ч}.$$

Для IV передачи:

$$V_{T1} = 0,377 \cdot \frac{2365 \cdot 0,727}{49} = 13,2 \text{ км/ч},$$

$$V_{T2} = 0,377 \cdot \frac{2200 \cdot 0,727}{49} = 12,3 \text{ км/ч},$$

$$V_{T3} = 0,377 \cdot \frac{1760 \cdot 0,727}{49} = 9,84 \text{ км/ч}.$$

Зная величину буксования и теоретическую скорость движения, подсчитываем для каждой передачи рабочие скорости по формуле:

$$V_P = V_T \cdot (1 - \delta), \quad (10)$$

Для I передачи:

$$V_{P1} = 7,76 \cdot (1-0) = 7,76 \text{ км/ч},$$

$$V_{P2} = 7,22 \cdot (1-0,11) = 6,4 \text{ км/ч},$$

$$V_{P3} = 5,77 \cdot (1-0,12) = 5,1 \text{ км/ч}.$$

Для II передачи:

$$V_{P1} = 9,53 \cdot (1-0) = 9,53 \text{ км/ч},$$

$$V_{P2} = 8,86 \cdot (1-0,08) = 8,2 \text{ км/ч},$$

$$V_{P3} = 7,1 \cdot (1-0,09) = 6,5 \text{ км/ч}.$$

Для III передачи:

$$V_{P1} = 11,3 \cdot (1-0) = 11,3 \text{ км/ч}$$

$$V_{P2} = 10,5 \cdot (1-0,065) = 9,82 \text{ км/ч},$$

$$V_{P3} = 8,4 \cdot (1-0,07) = 7,8 \text{ км/ч}.$$

Для IV передачи:

$$V_{P1} = 13,2 \cdot (1-0) = 13,2 \text{ км/ч},$$

$$V_{P2} = 12,3 \cdot (1-0,052) = 11,7 \text{ км/ч},$$

$$V_{P3} = 9,84 \cdot (1-0,06) = 9,25 \text{ км/ч}.$$

Для каждой передачи определяем мощность на крюке трактора по формуле:

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot V_p}{3600}. \quad (11)$$

Для I передачи:

$$N_{кр1} = \frac{0 \cdot 7,76}{3600} = 0 \text{ кВт},$$

$$N_{кр2} = \frac{26437 \cdot 6,4}{3600} = 47 \text{ кВт},$$

$$N_{кр3} = \frac{28555 \cdot 5,1}{3600} = 40,5 \text{ кВт}.$$

Для II передачи:

$$N_{кр1} = \frac{0 \cdot 9,53}{3600} = 0 \text{ кВт},$$

$$N_{кр2} = \frac{20378 \cdot 8,2}{3600} = 46,4 \text{ кВт},$$

$$N_{кр3} = \frac{22104 \cdot 6,5}{3600} = 40 \text{ кВт}.$$

Для III передачи:

$$N_{кр1} = \frac{0 \cdot 11,3}{3600} = 0 \text{ кВт},$$

$$N_{кр2} = \frac{16235 \cdot 9,82}{3600} = 44,3 \text{ кВт},$$

$$N_{кр3} = \frac{17692 \cdot 7,8}{3600} = 38,3 \text{ кВт}.$$

Для IV передачи:

$$N_{кр1} = \frac{0 \cdot 13,2}{3600} = 0 \text{ кВт},$$

$$N_{кр2} = \frac{12952 \cdot 11,7}{3600} = 42 \text{ кВт},$$

$$N_{кр3} = \frac{14195 \cdot 9,25}{3600} = 36,5 \text{ кВт}.$$

Для оценки топливной экономичности трактора определяется удельный расход топлива по формуле:

$$g_{KP} = \frac{10^3 \cdot G_{Ti}}{N_{KP}}. \quad (12)$$

Для I передачи:

$$g_{KP1} = \frac{10^3 \cdot 5,01}{0} = - ,$$
$$g_{KP2} = \frac{10^3 \cdot 16,7}{47} = 355,3 \text{ г/(кВт·ч)} ,$$
$$g_{KP3} = \frac{10^3 \cdot 15,6}{40,5} = 385,2 \text{ г/(кВт·ч)} .$$

Для II передачи:

$$g_{KP1} = \frac{10^3 \cdot 5,01}{0} = - ,$$
$$g_{KP2} = \frac{10^3 \cdot 16,7}{46,4} = 360 \text{ г/(кВт·ч)} ,$$
$$g_{KP3} = \frac{10^3 \cdot 15,6}{40} = 390 \text{ г/(кВт·ч)} .$$

Для III передачи:

$$g_{KP1} = \frac{10^3 \cdot 5,01}{0} = - ,$$
$$g_{KP2} = \frac{10^3 \cdot 16,7}{44,3} = 377 \text{ г/(кВт·ч)} ,$$
$$g_{KP3} = \frac{10^3 \cdot 15,6}{38,3} = 407 \text{ г/(кВт·ч)} .$$

Для IV передачи:

$$g_{KP1} = \frac{10^3 \cdot 5,01}{0} = - ,$$
$$g_{KP2} = \frac{10^3 \cdot 16,7}{42} = 398 \text{ Г/(кВт·ч)} ,$$
$$g_{KP3} = \frac{10^3 \cdot 15,6}{36,5} = 427 \text{ Г/(кВт·ч)} .$$

Условный тяговый КПД определяется по формуле:

$$\eta_{TV} = \frac{N_{KP}}{N_e} . \quad (13)$$

Для I передачи:

$$\eta_{TV2} = \frac{47}{77} = 0,61 ,$$
$$\eta_{TV3} = \frac{40,5}{65,3} = 0,62 .$$

Для II передачи:

$$\eta_{TV2} = \frac{46,4}{77} = 0,6 ,$$
$$\eta_{TV3} = \frac{40}{65,3} = 0,61 .$$

Для III передачи:

$$\eta_{TV2} = \frac{44,3}{77} = 0,58 ,$$
$$\eta_{TV3} = \frac{38,3}{65,3} = 0,59 .$$

Для IV передачи:

$$\eta_{TV2} = \frac{42}{77} = 0,55,$$

$$\eta_{TV3} = \frac{36,5}{65,3} = 0,56.$$

Для построения теоретической тяговой характеристики трактора, полученные расчетные тяговые показатели для каждой передачи заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетные тяговые показатели

Передача	Расчетные точки	$N_e$ , кВт.	$G_m$ , кг/ч	$n$ , мин <sup>-1</sup> .	$M_e$ , Нм.	$P_{\kappa}$ , Н	$P_{кр}$ , Н	$V_T$ , км/ч.	$V_P$ , км/ч.	$\delta$ , %	$N_{кр}$ , кВт.	$g_{кр}$ , г/(кВтч)	$\eta_{TV}$ , %
I	1	0	5,01	2365	0	6200	0	7,76	7,76	0	0	-	-
	2	77	16,7	2200	334,3	32637	26437	7,22	6,4	11	47	355,3	61
	3	65,3	15,6	1760	356	34755	28555	5,77	5,1	12	40,5	385,2	62
II	1	0	5,01	2365	0	6200	0	9,53	9,53	0	0	-	-
	2	77	16,7	2200	334,3	26578	20378	8,86	8,2	8	46,4	360	60
	3	65,3	15,6	1760	356	28304	22104	7,1	6,5	9	40	390	61
III	1	0	5,01	2365	0	6200	0	11,3	11,3	0	0	-	-
	2	77	16,7	2200	334,3	22435	16235	10,5	9,82	6,5	44,3	377	58
	3	65,3	15,6	1760	356	23892	17692	8,4	7,8	7	38,3	407	59
IV	1	0	5,01	2365	0	6200	0	13,2	13,2	0	0	-	-
	2	77	16,7	2200	334,3	19152	12952	12,3	11,7	5,2	42	398	55
	3	65,3	15,6	1760	356	20395	14195	9,84	9,25	6	36,5	427	56

Вывод по разделу.

В данном разделе произведен тягово-динамический расчет, построена внешняя скоростная характеристика, проведен расчет передаточных чисел трансмиссии, определены тяговые, динамические характеристики, а также характеристики разгона трактора.

### **3 Конструкторская часть**

#### **3.1 Описание предлагаемой конструкции плужно-роторного снегоочистителя**

«Снегоочиститель состоит из базового шасси – трактор МТЗ-1025 и рабочего оборудования, которое с помощью гидроцилиндра переводится из транспортного положения в рабочее и обратно. Гидроцилиндр шарнирно прикреплен к базовому трактору и толкающей раме рабочего оборудования. Рабочее оборудование включает толкающую раму, кожух ротора с выбросным патрубком, ротор, объемный гидропривод ротора, два боковых отвала. Для поворота отвалов относительно кожуха ротора к ним шарнирно крепятся два гидроцилиндра. Так как при работе снегоочистителя гидроцилиндр подъема-опускания переводится в плавающее положение, что улучшает копирование профиля дороги, то для предотвращения быстрого износа ножей резания предусмотрено опорное колесо на кожухе ротора. Толкающая рама шарнирно сочленена с кронштейнами крепления рабочего оборудования, которые в свою очередь крепятся к раме трактора.

Рама выполнена из двух толкающих брусьев коробчатой сварной конструкции и двух цилиндрических подкосов. Все соединения: брусья – кожух ротора, брусья – подкосы и подкосы – кожух ротора выполнены шарнирными для обеспечения более простой сборки конструкции» [18].

Кожух ротора выполнен в виде сварного элемента единым с выбросным патрубком. Исполнение патрубка позволяет регулировать дальность отбрасывания снега путем изменения угла поворота козырька, а также увеличивать плотность струи снега при помощи подвижной нижней стенки патрубка. Поворот козырька осуществляется гидроцилиндром, который подключен, как и гидроцилиндр подъема-опускания рабочего оборудования, и гидроцилиндры поворота отвалов, к гидравлической системе трактора. Подвижность нижней стенки патрубка обеспечивается

шарнирным креплением с боковыми стенками, а плотность снежного потока – двумя пружинами растяжения. Минимальное сечение потока определяется регулировочными болтами. Ротор дисковый с приваренными лопастями криволинейного профиля аналогичный ротору представленному в книге Иванова А.Н. и Мишина В.А. [2].

Такая конструкция проста в изготовлении, обладает относительно невысокой металлоемкостью, обеспечивает динамическую устойчивость, хорошо компонуется снежную струю. Насос гидропривода ротора подключается к валу отбора мощности трактора. Для обеспечения работы привода навешивается дополнительный бак для гидравлической жидкости.

Гидромотор крепится непосредственно к задней стенке кожуха ротора. Боковые отвалы выполнены прямолинейной формы для обеспечения простого крепления к основной части рабочего оборудования.

Спецификации на снегоочиститель и его элементы представлены в Приложении А (рисунки А.1 – А.9).

### **3.2 Расчет основных параметров ротора**

К основным параметрам ротора относятся техническая производительность, плотность снега, рабочая скорость, толщина слоя снега и прочее. Значения параметров представлены ниже:

- техническая производительность – 200 т/ч,
- плотность свежесвыпавшего снега – 200 кг/м<sup>3</sup>,
- рабочая скорость – 1 м/с;
- толщина убираемого слоя снега – от 9 до 12 см,
- окружная скорость ротора – 10 м/с,
- ширина лопасти ротора – 0,3 м,
- коэффициент наполнения ротора – 0,5.

Расчет ведем по рекомендациям, изложенным в книге Баловнева В.И. Определение основных параметров рабочего органа.

«Одним из основных геометрических параметров метательного аппарата является угол разгрузки ротора, характеризующий угол поворота лопасти и необходимый для полного схода с лопасти снега. Этот угол является центральным углом, на который опирается выбросной направляющий патрубок.

$$\phi_p \geq 0,25 \cdot \pi \cdot \left(1 - \frac{1}{1 - a_v^2}\right) + \operatorname{arctg} a_v, \quad (14)$$

где  $a_v$  – коэффициент, учитывающий влияние трения снега о лопасть принимается равным 0,8» [8].

$$\phi_p \geq 0,25 \cdot 3,14 \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + 0,8^2}\right) + \operatorname{arctg} 0,8 = 0,985 \text{ рад.}$$

«Радиус ротора определяется технической производительностью и окружной скоростью ротора.

$$R = \frac{P_{\text{тех}}}{1,8 \cdot \rho_{\text{сн}} \cdot K_n \cdot V_p \cdot b_p \cdot (1 - K_1^{-2})}, \quad (15)$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от угла разгрузки и угла внешнего трения снега, принимается равным 2,5» [18].

$$R = \frac{200}{1,8 \cdot 200 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,3 \cdot (1 - 2,5^{-2})} = 0,44 \text{ м.}$$

Длины лопасти ротора зависит от радиуса ротора:

$$l_n = R \cdot (1 - K_1^{-1}), \quad (16)$$

$$l_n = 0,44 \cdot (1 - 2,5^{-1}) = 0,26 \text{ м.}$$

Число лопастей ротора выбирается из соотношения:

$$\frac{2 \cdot \pi}{\phi_p} \leq n_l \leq 12, \quad (17)$$

$$\frac{2 \cdot 3,14}{0,985} \leq n_l \leq 12,$$

$$6,4 \leq n_l \leq 12.$$

Принимаем 8 лопастей.

Частота вращения ротора определяется отношением:

$$n = \frac{30 \cdot V_p}{\pi \cdot R} \quad (18)$$

$$n = \frac{30 \cdot 10}{3,14 \cdot 0,44} = 217 \text{ об/мин}$$

Дальность отбрасывания снега ротором является важным показателем работы снегоочистителя, влияющим на технологичность применения машины и ее эксплуатационную производительность, учитывающую число параллельных проходов машины. Для малых снегоочистителей с дальностью отбрасывания меньше 8 м и малой начальной скоростью выброса снега меньше 10 м/с возможно использование формулы:

$$l = 0,085 \cdot V^2 \cdot \left( 1 - \frac{0,0106 \cdot V}{\sqrt[4]{0,0001 \cdot \rho_{сн} \cdot K_n}} \right) \quad (19)$$

где  $V$  – начальная скорость выброса снега, м/с.

$$l = 0,085 \cdot 10^2 \cdot \left( 1 - \frac{0,0106 \cdot 10}{\sqrt[4]{0,0001 \cdot 200 \cdot 0,5}} \right) = 6,9 \text{ м}.$$

### 3.3 Расчет баланса мощности

Расчет ведем по рекомендациям, изложенным в книге Баловнева В.И. и другие [3].

Уравнение баланса мощности роторного снегоочистителя имеет вид:

$$N_{\text{дв}} \geq N_p + N_{\text{пер}} + N_{\text{всп}}, \quad (20)$$

где  $N_{\text{дв}}$  – мощность двигателя трактора, кВт

$N_p$  – мощность привода ротора, кВт

$N_{\text{пер}}$  – мощность, затрачиваемая на перемещение машины, кВт

$N_{\text{всп}}$  – мощность, затрачиваемая на привод вспомогательного оборудования, кВт.

Сумму мощностей, затрачиваемой на перемещение машины и на привод вспомогательного оборудования примем равной 14,7 кВт, что составляет 20% от мощности двигателя трактора.

«Мощности привода лопастного ротора метательного аппарата.

$$N_p = \frac{K_{\text{зан}} \cdot (N_1 + N_2 + N_3)}{\eta_p}, \quad (21)$$

где  $K_{\text{зан}}$  – коэффициент запаса мощности, принимается в диапазоне от 1,1 до 1,15;

$N_1$  – мощность, затрачиваемая на сообщение снегу кинетической энергии, кВт;

$N_2$  – затраты мощности на преодоление сил трения снега о неподвижный кожух метательного аппарата, кВт;

$N_3$  – мощность, теряемая при ударе лопастей ротора о снег, кВт;

$\eta_p$  – КПД привода лопастного ротора, принимается в диапазоне от 0,9 до 0,95» [18].

«Мощность, затрачиваемая на сообщение снегу кинетической энергии.

$$N_1 = 1,32 \cdot 10^{-3} \cdot \omega^2 \cdot R^2 \cdot \Pi_{mex} \cdot \left[ 1 + a_v^2 - 0,5 \cdot a_v^2 \cdot (1 - K_1^{-2}) \right], \quad (22)$$

где  $\omega$  – угловая скорость ротора. Определяется по формуле (23)» [12].

$$\omega = \frac{V_p}{R}, \quad \omega = \frac{10}{0,44} = 23 \text{ с}^{-1}, \quad (23)$$

$$N_1 = 1,32 \cdot 10^{-3} \cdot 23^2 \cdot 0,44^2 \cdot 200 \cdot \left[ 1 + 0,8^2 - 0,5 \cdot 0,8^2 \cdot (1 - 2,5^{-2}) \right] = 37 \text{ кВт}.$$

«Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения снега о неподвижный кожух.

$$N_2 = \frac{\omega^2 \cdot R^2 \cdot \Pi_{mex} \cdot \text{tg} \delta}{1000} \cdot \frac{1 - C_x^{-3}}{1 - C_x^{-2}}, \quad (24)$$

где  $\delta$  – угол внешнего трения снега,  $\text{tg} \delta = 0,1$ » [18].

$$C_x = \left[ 1 - K_n \cdot (1 - K_1^{-2}) \right]^{-0,5}, \quad (25)$$

$$C_x = \left[ 1 - 0,5 \cdot (1 - 2,5^{-2}) \right]^{-0,5} = 1,3,$$

$$N_2 = \frac{23^2 \cdot 0,44^2 \cdot 200 \cdot 0,1}{1000} \cdot \frac{1 - 1,3^{-3}}{1 - 1,3^{-2}} = 2,7 \text{ кВт}.$$

«Мощность, теряемая при ударе лопастей ротора о снег.

$$N_3 = 0,78 \cdot 10^{-3} \cdot J_{ch} \cdot \omega^3, \quad (26)$$

где  $J_{сн}$  – момент инерции снега, кг· м<sup>2</sup>» [18].

$$J_{сн} = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot \Pi_{mex}}{3,6 \cdot \omega \cdot (1 + K_1^{-1})}, \quad (27)$$

$$J_{сн} = \frac{3,14 \cdot 0,44^2 \cdot 200}{3,6 \cdot 23 \cdot (1 + 2,5^{-1})} = 1,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$N_3 = 0,78 \cdot 10^{-3} \cdot 1,05 \cdot 23^3 = 10 \text{ кВт},$$

$$N_p = \frac{1,1 \cdot (37 + 2,7 + 10)}{0,95} = 57,5 \text{ кВт}.$$

$$73,5 \text{ кВт} \geq 57,5 \text{ кВт} + 14,7 \text{ кВт}$$

73,5 кВт > 72,2 кВт – условие выполняется. Силовая установка базовой машины способна обеспечить работу снегоочистителя.

### 3.4 Тяговый расчет

Расчет ведем по рекомендациям, изложенным в книге Баловнева В.И. и других [3].

Пользуемся общим уравнением тягового баланса:

$$\sum W \leq T_{сц}, \quad (28)$$

где  $\sum W$  – суммарное сопротивление при работе плужного снегоочистителя, Н;

$T_{сц}$  – сила тяги по сцеплению, Н.

$$T_{сц} = T_{max} \cdot \phi_{сц} \quad (29)$$

где  $T_{max}$  – максимальное тяговое усилие, Н;

$\phi_{cy}$  – коэффициент сцепления колесного движителя, принимается равным 0,2.

$$T_{cy} = 14000 \cdot 0,2 = 2800 \text{ Н.}$$

Основные сопротивления передвижению снегоочистителя возникают от боковых отвалов.

«Для расчета суммарного сопротивления воспользуемся формулами для плужного снегоочистителя.

$$\sum W = W_{рез} + W_{пр} + W_{пер} + W_{под} + W_{тр}, \quad (30)$$

где  $W_{рез}$  – сопротивление снега резанию направленное вдоль оси движения машины, Н;

$W_{пр}$  – сопротивление призмы волочения в проекции на ось движения машины, Н;

$W_{под}$  – сопротивление подъему стружки в проекции на горизонтальную ось движения машины, Н;

$W_{пер}$  – сопротивление перемещению призмы вдоль отвала в проекции на ось движения машины, Н;

$W_{тр}$  – сопротивление перемещению отвала снегоочистителя по заснеженной поверхности дороги при установке его в плавающее положение, Н» [18].

«Сила сопротивления снега резанию.

$$W_{рез} = K_{рез} \cdot B \cdot h, \quad (31)$$

где  $K_{рез}$  – удельное сопротивление снега резанию, МПа;

$B$  – ширина очищаемой полосы, м;

$h$  – толщина убираемого слоя снега, м» [18].

$$W_{рез} = 0,001 \cdot 3 \cdot 0,1 = 300 \text{ Н.}$$

Сила сопротивления призмы волочения возникает в результате трения призмы волочения разрабатываемого снега о дорожную поверхность.

$$W_{np} = m_{np} \cdot g \cdot tg f_2 \cdot \sin(\alpha + \delta), \quad (32)$$

где  $m_{np}$  – масса призмы волочения, кг;

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

$f$  – коэффициент внутреннего трения, принимается равным 0,33;

$\alpha$  – угол поворота отвала в плане;

$\delta$  – угол отклонения частицы снега от перпендикуляра к поверхности отвала в сторону сдвигания во время движения.

$$\delta = \text{arctg} f_1, \quad (33)$$

где  $f_1$  – коэффициент внешнего трения, принимается равным 0,1.

$$\delta = \text{arctg} 0,1 = 6^\circ,$$

$$m_{np} = \frac{B^2 \cdot h \cdot \rho_{сн} \cdot \cos \delta}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta)}, \quad (34)$$

где  $B$  – ширина резания, м;

$h$  – высота снежного покрова, м;

$\rho_{сн}$  – плотность снега в естественном залегании до взаимодействия с отвалом.

$$m_{np} = \frac{3^2 \cdot 0,1 \cdot 200 \cdot \cos 6^\circ}{2 \cdot \sin 10^\circ \cdot \cos(10^\circ + 6^\circ)} = 536 \text{ кг,}$$

$$W_{np} = 536 \cdot 9,81 \cdot \operatorname{tg} 19^\circ \cdot \sin(10^\circ + 6^\circ) = 499 \text{ Н.}$$

Сопротивление перемещению призмы вдоль отвала:

$$W_{nep} = P_H \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \cos \alpha, \quad (35)$$

где  $P_H$  – нормальная к отвалу составляющая сил инерции и трения призмы волочения, Н, так как рабочая скорость снегоочистителя небольшая, то силу инерции снега не учитываем, тогда  $P_H = W_{np}$ .

$$W_{nep} = 499 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ \cdot \cos 10^\circ = 52 \text{ Н.}$$

Сопротивление подъему стружки:

$$W_{нод} = 0,5 \cdot P_H \cdot (\operatorname{tg} f_2 + \operatorname{tg} \delta) \cdot \sin 2\gamma \cdot \sin \alpha, \quad (36)$$

где  $\gamma$  – угол резания, принимается равным  $80^\circ$ .

$$W_{нод} = 0,5 \cdot 499 \cdot (\operatorname{tg} 19^\circ + \operatorname{tg} 6^\circ) \cdot \sin 2 \cdot 80^\circ \cdot \sin 10^\circ = 7 \text{ Н.}$$

«Определение сопротивления перемещению отвала снегоочистителя по заснеженной поверхности дороги при установке его в плавающее положение:

$$W_{mp} = G_o \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (37)$$

где  $G_o$  – вес отвала, Н» [18].

$$W_{mp} = 7000 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 736 \text{ Н.}$$

$$\sum W = 300 + 499 + 52 + 7 + 736 = 1594 \text{ Н.}$$

1594 Н < 2800 Н – условие выполняется

### 3.5 Подбор гидрооборудования

Выбор гидромотора и насоса для привода рабочего органа. Широкое применение в дорожной, строительной и др. технике получили аксиально-поршневые гидромашины. Это обусловлено некоторыми их свойствами, например, имея рабочие органы с малыми радиальными габаритными размерами и поэтому с малым моментом инерции они способны быстро изменять частоту вращения, также по сравнению с другими поршневыми гидромашинами при передаче равной мощности отличаются наибольшей компактностью. Поэтому принимаем аксиально-поршневой гидромотор.

Основным критерием выбора гидромотора является мощность, которая должна быть больше или равна мощности идущей на ротор.

Предварительно принимаем гидромотор аксиально-поршневой 210.32.11.00 [4, 5]:

- мощность – 62,9 кВт,
- давление – 20 МПа,
- расход – 227,4 л/мин,
- крутящий момент гидромотора – 690 Н·м,
- КПД в номинальном режиме гидромотора – 0,965.

Проверяем по расходу гидравлической жидкости.

$$q_{г.м}^{расч} \leq q_{г.м}, \quad (38)$$

$$q_{г.м}^{расч} = \frac{6,28 \cdot M_{г.м}}{P_{г.м} \cdot \eta_{г.м}}, \quad (39)$$

где  $q_{г.м}^{расч}$  – расчетный расход гидромотора, л/мин;

$q_{г.м}$  – расход гидравлической жидкости гидромотором, л/мин;

$M_{г.м}$  – крутящий момент гидромотора, Н·м;

$\eta_{г.м}$  – КПД в номинальном режиме гидромотора;

$P_{г.м}$  – рабочее давление гидромотора, МПа.



Принимаем насос аксиально-поршневой 210.32.12.01 с параметрами (рисунок 3):

- подача – 205,2 л/мин,
- давление – 20 МПа,
- мощность 77,5 кВт.

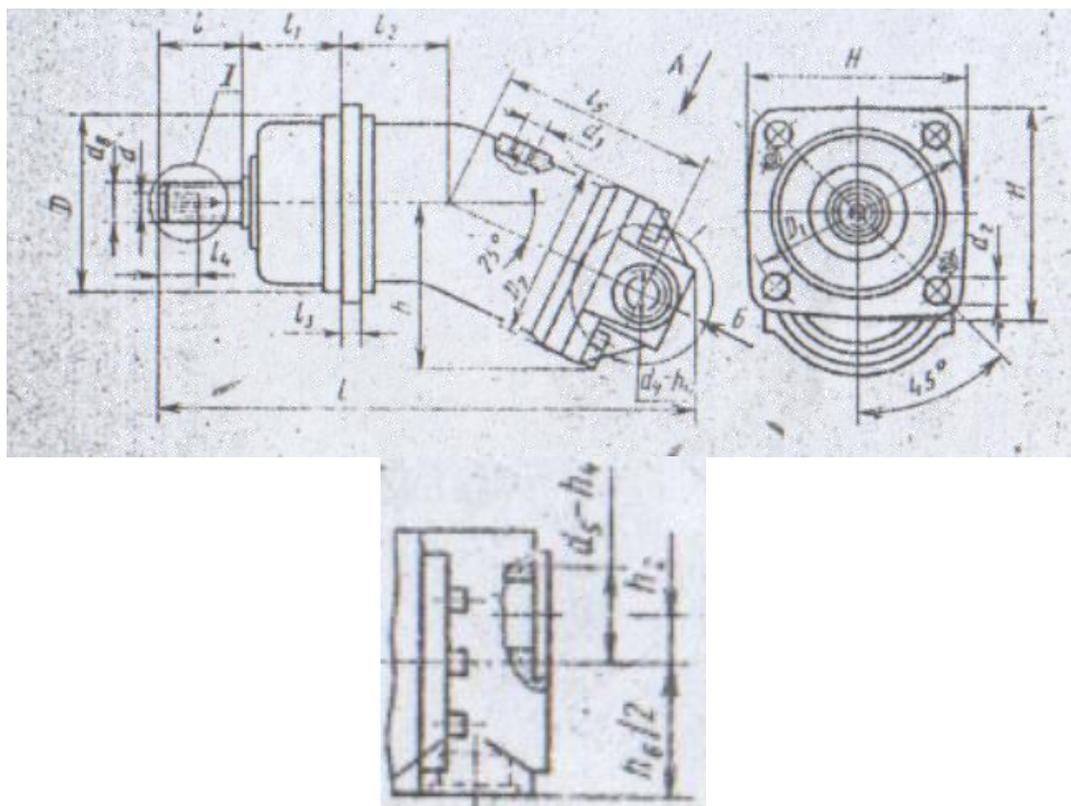


Рисунок 3 – Устройство аксиально-поршневого гидромотора

При эксплуатации в зимних условиях в качестве гидравлической жидкости предпочтительным является гидравлическое масло ВМГЗ ТУ 38-101479-74 с характеристиками [5, 6]:

- кинематическая вязкость – от 10 до 150 мм<sup>2</sup>/с,
- температура застывания – 60°С,
- температура вспышки – 135°С,
- температура окружающей среды – от минус 40°С до плюс 60°С,
- плотность – 0,855 г/см<sup>3</sup>.

Данная жидкость по своим параметрам подходит для применения с принятым гидромотором и насосом:

- кинематическая вязкость – от 16 до 33 мм<sup>2</sup>/с,
- температура застывания – 40°С,
- температура вспышки – 75°С,
- температура окружающей среды – от минус 40°С до плюс 40°С.

Подбор гидроцилиндров.

Все гидроцилиндры подключаются к гидравлической системе трактора с номинальным давлением 16 МПа.

Геометрия поворота отвала требует ход поршня гидроцилиндра до 80 мм. Принимаем 2 гидроцилиндра поворота отвалов 1.16.0.У – 40x25x80 (рисунок 4).

Параметры гидроцилиндров [5]:

- номинальное давление – 16 МПа,
- ход поршня – 80 мм
- толкающее усилие на штоке – 200,9 кН

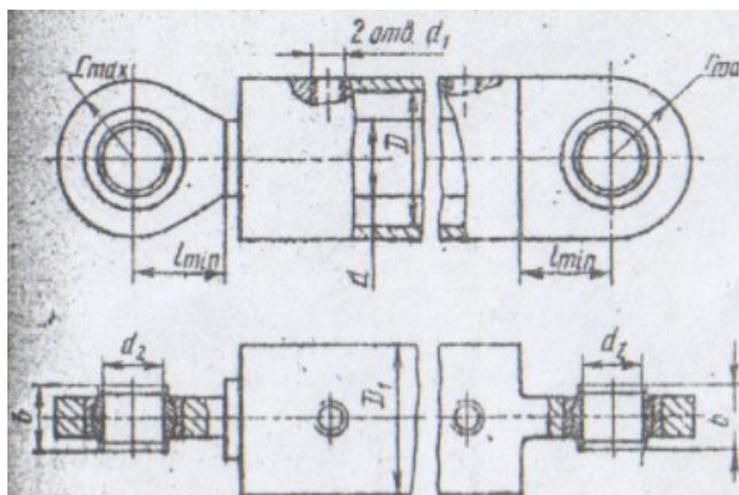


Рисунок 4 – Чертеж гидроцилиндра 1.16.0.У – 40×25×80

Геометрия подъема рабочего оборудования требует ход поршня гидроцилиндра до 250 мм. Принимаем гидроцилиндр подъема рабочего оборудования 1.16.0.У – 63x28x250 (рисунок 5). Параметры гидроцилиндров [5]:

- номинальное давление – 16 МПа,
- ход поршня – 250 мм,
- тянущее усилие на штоке – 100 кН.

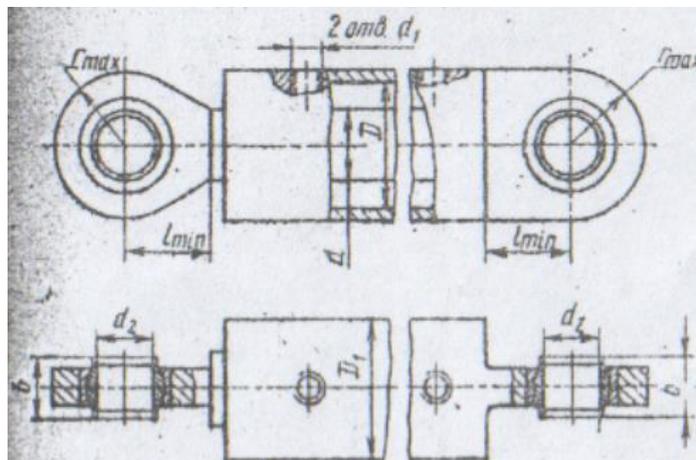


Рисунок 5 – Чертеж гидроцилиндра 1.16.0.У – 63×28×250

Геометрия поворота козырька выбросного патрубка требует ход поршня гидроцилиндра до 63 мм. Принимаем гидроцилиндр поворота козырька выбросного патрубка 1.16.0.У – 40х25х63 (рисунок 6).

Параметры гидроцилиндров [5]:

- номинальное давление 16 МПа,
- ход поршня 63 мм,
- толкающее усилие на штоке 200,9 кН.

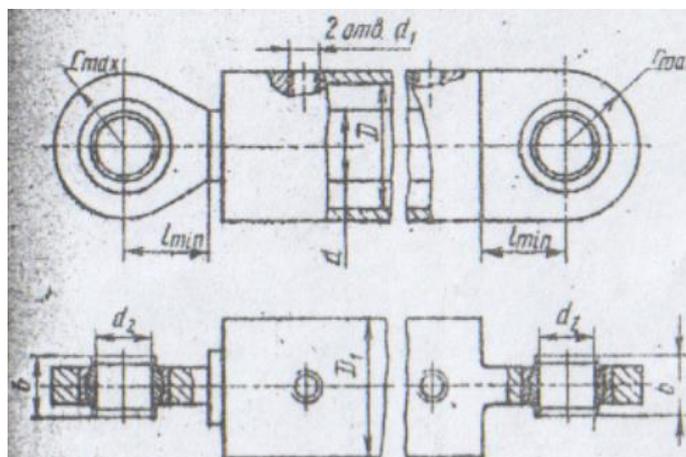


Рисунок 6 – Чертеж гидроцилиндра 1.16.0.У – 40х25х63

### 3.6 Проектирование элементов навески рабочего оборудования

Проектирование проушины.

Расчет ведем по рекомендациям книги Живейнова Н.Н. и др. [7].

Поскольку сила действует на шарнирное соединение подкоса с кожухом ротора в пределах угла  $-10^{\circ} \dots 50^{\circ}$ , то принимаем несимметричную форму проушины (рисунок 7).

$$\begin{aligned}\delta_1 &= 15 \text{ мм}, \\ R &= d = 20 \text{ мм}, \\ h &= 2 \cdot d = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мм}, \\ S &= 2 \cdot h = 2 \cdot 40 = 80 \text{ мм}, \\ \delta &= 5 \text{ мм}.\end{aligned}\tag{41}$$

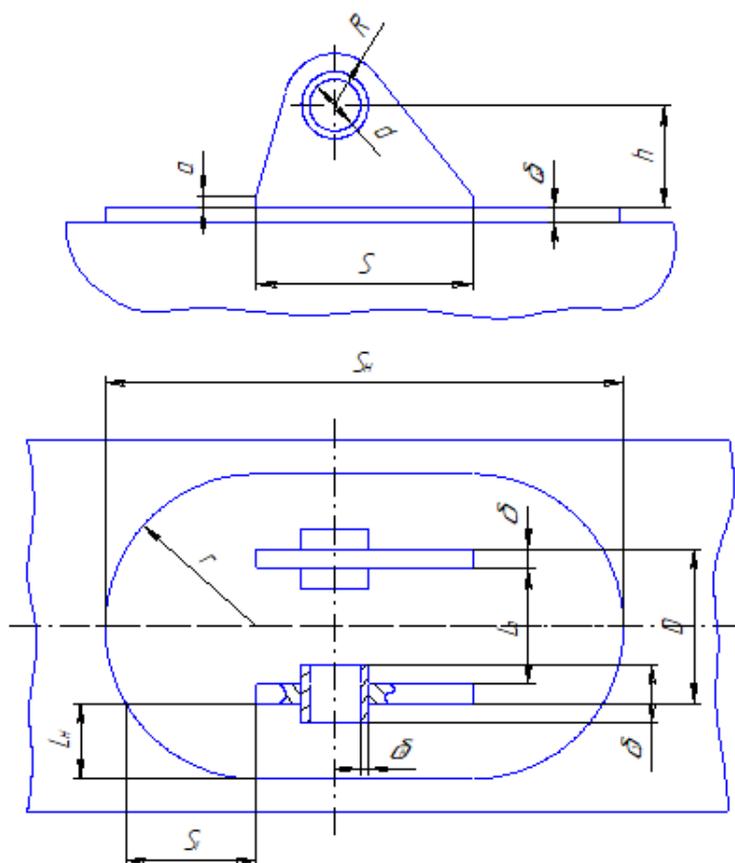


Рисунок 7 – Геометрические размеры проектируемой проушины

$$\begin{aligned}
\delta_h &\geq 0,7 \cdot \delta \geq 0,7 \cdot 5 \geq 3,5 \text{ мм}, \\
\delta_g &= 0,7 \cdot d = 0,7 \cdot 20 = 14 \text{ мм}, \\
D &= L_0 + 2 \cdot \delta = 25 + 2 \cdot 5 = 35 \text{ мм}, \\
a &= 1 \cdot \kappa = 1 \cdot 5 = 5 \text{ мм}, \\
S_1 &= 10 \cdot \delta_h = 10 \cdot 3,5 = 35 \text{ мм}, \\
L_h &= 7 \cdot \delta_h = 7 \cdot 3,5 = 24,5 \text{ мм}, \\
r &= \frac{D}{2} + L_h = \frac{35}{2} + 24,5 = 42 \text{ мм}, \\
S_h &= S + 2 \cdot r = 80 + 2 \cdot 42 = 164 \text{ мм}.
\end{aligned}
\tag{42}$$

Проверяем прочность сварного шва данного цилиндрического шарнира (рисунок 8).

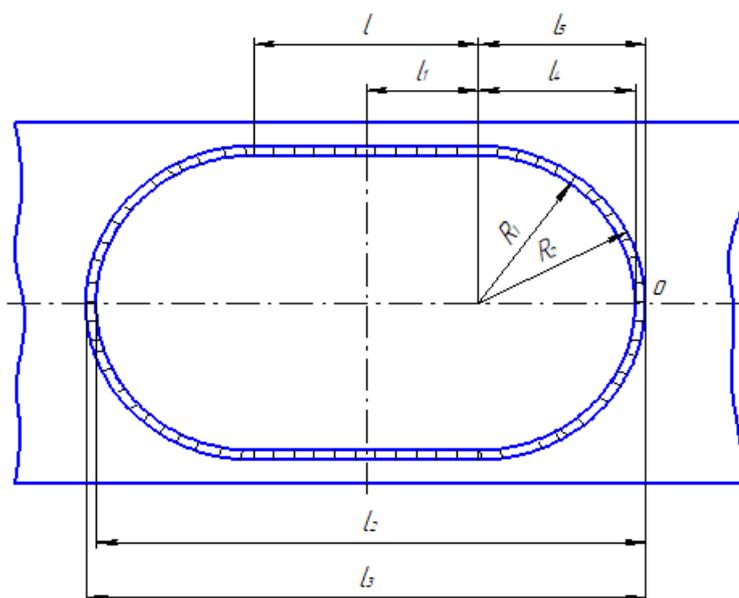


Рисунок 8 – Цилиндрический шарнир

Должно выполняться условие на отрыв:

$$\sigma = \frac{M + Z_{max}}{I_{\Sigma}} \leq R_y,
\tag{43}$$

где  $M$  – отрывающий момент, кН×м

$Z_{max}$  – длина шва, м

$I_{\Sigma}$  – суммарный момент инерции сварного шва

$R_y$  – расчетное сопротивление материала, МПа.

$$M = P \cdot h = 14 \cdot 0,897 = 12,6 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Принимаем катет шва равным 5 мм.

Суммарный момент инерции сварного шва:

$$I_{\Sigma} = I_{z1} \cdot 2 + I_{z2} + I_{z3},$$

$$I_{z1} = \frac{k \cdot l^3}{12} + k \cdot l \cdot l_1^2,$$

(44)

$$I_{z1} = \frac{0,005 \cdot 0,08^3}{12} + 0,005 \cdot 0,08 \cdot 0,04^2 = 0,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

$$I_{z2} = \frac{\pi \cdot d_2^4}{64} \cdot 2 + \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot 2 \cdot l_3^2 - \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \cdot 2 - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot 2 \cdot l_2^2,$$

$$I_{z2} = \frac{3,14 \cdot 0,094^4}{64} \cdot 2 + \frac{3,14 \cdot 0,094^2}{4} \cdot 2 \cdot 0,174^2 - \frac{3,14 \cdot 0,084^4}{64} \cdot 2 - \frac{3,14 \cdot 0,084^2}{4} \cdot 2 \cdot 0,164^2 = 124,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

$$I_{\Sigma} = 0,9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 + 124,83 \cdot 10^{-6} + 13,88 \cdot 10^{-6} = 140,51 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

$$\sigma = \frac{12,6 \cdot 0,174}{140,51 \cdot 10^{-6}} = 15,6 \text{ МПа} \leq 215 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

На срез должно выполняться условие:

$$\tau = \frac{P}{A} \leq R_y \cdot \kappa_y, \quad (45)$$

где  $P$  – сила, действующая на шарнир, кН;

$A$  – площадь сварного шва, м<sup>2</sup>;

$\kappa_y$  – коэффициент условий работы, 1.

$$A = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} + k \cdot l \cdot 2,$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,094^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,084^2}{4} + 0,005 \cdot 0,08 \cdot 2 = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

$$\tau = \frac{7}{2,2 \cdot 10^{-3}} = 3,2 \text{ МПа} < 215 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

Проектирование узла навески рабочего оборудования на раму трактора.

Определяем диаметр болтов крепления из условия прочности на срез из справочника Анурьева В.И. [8]:

$$n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot [\tau_{сп.}] \geq P, \quad (46)$$

где  $n$  – число болтов, шт

$d$  – диаметр болтов, м

$[\tau_{сп.}]$  – допускаемое напряжение на срез, кПа

$P$  – сила, действующая поперек болтов, кН

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P}{n \cdot \pi \cdot [\tau_{сп.}]}} \quad (47)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 14}{16 \cdot 3,14 \cdot 125000}} \geq 0,003 \text{ м}.$$

Конструктивно принимаем 16 болтов М16.

Определяем диаметр шарнирного соединения рабочего оборудования и кронштейна из условия прочности на срез из справочника Анурьева В.И. [8]:

$$n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot [\tau_{cp.}] \geq P, \quad (48)$$

где  $n$  – число пальцев, шт;

$d$  – диаметр пальцев, м;

$[\tau_{cp.}]$  – допускаемое напряжение на срез, кПа;

$P$  – сила, действующая поперек пальцев, кН.

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P}{n \cdot \pi \cdot [\tau_{cp.}]}} , \quad (49)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 14}{2 \cdot 3,14 \cdot 60000}} \geq 0,012 \text{ м.}$$

Конструктивно принимаем 2 пальца диаметром 25 мм.

Проверка на прочность элементов рабочего оборудования.

Пальцы шарниров крепления отвалов к кожуху ротора по напряжениям на срез:

$$n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot [\tau_{cp.}] \geq P, \quad (50)$$

$$2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} \cdot 160000 \geq 14,$$

$$100,5 \text{ кН} > 14 \text{ кН.}$$

Условие выполняется.

По контактными напряжениями:

$$\frac{P}{d \cdot \delta \cdot n} \leq R_y, \quad (51)$$

где  $n$  – число площадок смятия, шт;

$d$  – диаметр пальца, м;

$P$  – сила, действующая поперек пальца, кН;

$\delta$  – длина площадки смятия, м;

$R_y$  – расчетное сопротивление материала, кПа.

$$\frac{14}{0,02 \cdot 0,05 \cdot 2} \leq 290,$$

$$7 \text{ МПа} < 290 \text{ МПа}.$$

### 3.7 Проверка устойчивости машины и определение усилий на колесах трактора

На рисунке 9 представлена схема колесного трактора марки МТЗ.

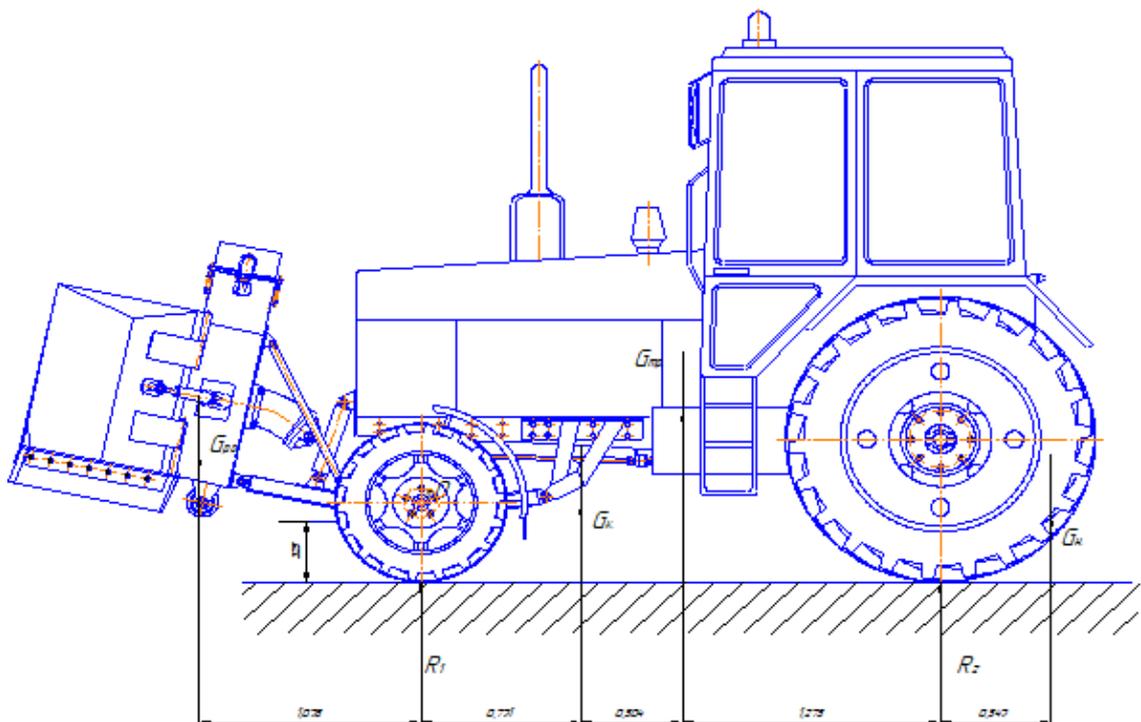


Рисунок 9 – Расчетная схема определения усилий

Устойчивость машины будет обеспечена, если удерживающий момент больше или равен момента опрокидывающего.

$$M_{on.} \leq M_{yd.}, \quad (52)$$

$$M_1 \leq M_2 + M_3 + M_4,$$

где  $M_1$  – момент от веса рабочего оборудования, кН·м,

$M_2$  – момент от веса кронштейна, кН·м,

$M_3$  – момент от веса трактора, кН·м,

$M_4$  – момент от веса насоса, кН·м.

$$M_1 = G_{p.o.} \cdot 1,095 = 7 \cdot 1,095 = 7,665 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_2 = G_k \cdot 0,791 = 0,421 \cdot 0,791 = 0,333 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_3 = G_{mp.} \cdot 0,504 = 39,5 \cdot (0,504 + 0,791) = 51,153 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_4 = G_n \cdot 1,095 = 1 \cdot (0,504 + 0,791 + 1,275 + 0,549) = 3,119 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$7,665 \leq 0,333 + 51,153 + 3,119,$$

$$7,665 \text{ кН} \cdot \text{м} \leq 54,605 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Условие выполняется.

Усилия на колеса трактора будут равны реакциям  $R_1$  и  $R_2$ .

$$G_{p.o.} \cdot (1,095 + 0,791 + 0,504 + 1,275) - R_1 \cdot (0,791 + 0,504 + 1,275) +$$

$$+ G_n \cdot (0,791 + 0,504 + 1,275 + 0,549) = 0,$$

$$R_1 = \frac{G_{p.o.} \cdot (1,095 + 0,791 + 0,504 + 1,275) + G_n \cdot (0,504 + 1,275) +}{0,791 + 0,504 + 1,275}$$

$$\frac{+G_{mp.} \cdot 1,275 - G_{н.} \cdot 0,549}{29,6} = 29,6 \text{ кН},$$

$$G_{p.o.} \cdot 1,095 - G_{к.} \cdot 0,791 - G_{mp.} \cdot (0,791 + 0,504) + R_2 \cdot (0,791 + 0,504 + 1,275) -$$

$$-G_{н.} \cdot (0,791 + 0,504 + 1,275 + 0,549) = 0$$

$$R_2 = \frac{-G_{p.o.} \cdot 1,095 + G_{к.} \cdot 0,791 + G_{mp.} \cdot (0,791 + 0,504) +$$

$$(0,791 + 0,504 + 1,275)$$

$$+G_{н.} \cdot (0,791 + 0,504 + 1,275 + 0,549)}{2,57},$$

$$R_2 = \frac{-7 \cdot 1,095 + 0,333 \cdot 0,791 + 39,5 \cdot 1,295 + 1 \cdot 3,119}{2,57} = 18,24 \text{ кН}.$$

Вывод по разделу.

В данном разделе было описано конструктивное решение плунжерно-роторного снегоочистителя. Проведены расчеты основных параметров ротора, баланса мощности, тяговый расчет оборудования.

Проведен подбор и расчет гидрооборудования.

Также было проведено проектирование элементов навесного оборудования и проведена проверка устойчивости снегоочистителя.

#### 4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормами на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

#### **4.1 Обоснование выбора технологического процесса**

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что снегоочиститель плужно-роторного типа для трактора не будет иметь большого спроса сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ.

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (53)$$

где  $F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт.

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять толкающую раму	0,5
Осмотреть толкающую раму	0,2
Взять подкос (2 шт.)	0,5
Осмотреть подкос	0,2
Взять палец (2 шт.)	0,3
Осмотреть палец	0,2
Взять кольцо пружинное наружное (4 шт.)	0,3
Осмотреть кольцо пружинное наружное	0,2
Соединить подкос с толкающей рамой при помощи пальцев и колец пружинных наружных	6
Взять кожух ротора	0,3
Осмотреть кожух ротора	0,2
Взять гидромотор 210.32.11.00	0,3
Осмотреть гидромотор 210.32.11.00	0,2
Взять болт М20 (4 шт.), шайбу пружинную (4 шт.), гайку М20 (4 шт.)	0,2
Установить гидромотор 210.32.11.00 на кожух ротора	6
Взять ротор	0,3
Осмотреть ротор	0,1
Взять болт М16, шайбу 7019-0645, штифт 5×16	0,3
Установить ротор на вал гидромотора 210.32.11.00	6
Взять палец (2 шт.)	0,3
Осмотреть палец	0,2
Взять кольцо пружинное наружное (2 шт.)	0,3
Установить ротор в сборе на толкающую раму и подкос при помощи пальцев и колец пружинных наружных	1
Взять колесо опорное	0,2
Осмотреть колесо опорное	0,2
Установить колесо опорное на корпусе ротора	6
Взять гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63	0,3
Осмотреть гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63	0,2
Взять гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×80	0,3
Осмотреть гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×80	0,2
Взять отвал боковой	1
Осмотреть отвал боковой	3
Взять палец (4 шт.)	0,3
Осмотреть палец	0,2
Взять кольцо пружинное наружное (7 шт.)	0,3
Закрепить гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63, 116.ОУ-40×20×80 на кожухе ротора при помощи пальцев и колец пружинных наружных	10
Взять патрубок выносной	0,5
Осмотреть патрубок выносной	0,6
Взять палец (2 шт.)	0,3
Осмотреть палец	0,2
Взять кольцо пружинное наружное (4 шт.)	0,3
Установить патрубок выносной на корпус ротора при помощи	6

Продолжение таблицы 2

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
пальцев и колец пружинных наружных	
Проверить работоспособность навесного плужно-роторного снегоочистителя для трактора	60
Устранить выявленные замечания	30
Итого:	144,2

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (54)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (55)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;  
 $\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [23].

$$t_{ум}^{общ} = 144,2 + 144,2 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 155,73 \text{ мин.}$$

#### 4.2 Проектирование технологического процесса сборки снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Технологический процесс сборки снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларусь-1025

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять толкающую раму	Кран гаражный, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы	
		2	Осмотреть толкающую раму		
		3	Взять подкос (2 шт.)		
		4	Осмотреть подкос		
		5	Взять палец (2 шт.)		
		6	Осмотреть палец		
		7	Взять кольцо пружинное наружное (4 шт.)		
		8	Осмотреть кольцо пружинное наружное		
		9	Соединить подкос с толкающей рамой при помощи пальцев и колец пружинных наружных		
		10	Взять кожух ротора		
		11	Осмотреть кожух ротора		
		12	Взять гидромотор 210.32.11.00		
		13	Осмотреть гидромотор 210.32.11.00		
		14	Взять болт М20 (4 шт.), шайбу пружинную (4 шт.), гайку М20 (4 шт.)		
		15	Установить гидромотор 210.32.11.00 на кожух ротора		
		16	Взять ротор		
		17	Осмотреть ротор		
		18	Взять болт М16, шайбу 7019-0645, штифт 5×16		
		19	Установить ротор на вал гидромотора 210.32.11.00		
		20	Взять палец (2 шт.)		
		21	Осмотреть палец		
		22	Взять кольцо		

Продолжение таблицы 3

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			пружинное наружное (2 шт.)		
		23	Установить ротор в сборе на толкающую раму и подкос при помощи пальцев и колец пружинных наружных		
		24	Взять колесо опорное		
		25	Осмотреть колесо опорное		
		26	Установить колесо опорное на корпусе ротора		
		27	Взять гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63		
		28	Осмотреть гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63		
		29	Взять гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×80		
		30	Осмотреть гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×80		
		31	Взять отвал боковой		
		32	Осмотреть отвал боковой		
		33	Взять палец (4 шт.)		
		34	Осмотреть палец		
		35	Взять кольцо пружинное наружное (7 шт.)		
		36	Закрепить гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63, 116.ОУ-40×20×80 на кожухе ротора при помощи пальцев и колец пружинных наружных		
		37	Взять патрубок выносной		
		38	Осмотреть патрубок выносной		
		39	Взять палец (2 шт.)		
		40	Осмотреть палец		

Продолжение таблицы 3

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		41	Взять кольцо пружинное наружное (4 шт.)		
		42	Установить патрубок выносной на корпус ротора при помощи пальцев и колец пружинных наружных		
010	Регулировочная	1	Проверить работоспособность навесного плужно-роторного снегоочистителя для трактора	Рожковые ключи, отвертка, молоток	90
		2	Устранить выявленные замечания		

Технологическая схема сборки снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025 представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора и представлен в графической части ВКР.

## **5 Производственная и экологическая безопасность проекта**

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

### **5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны**

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 4).

Таблица 4 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025	1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в месте крепления ротора. 2 Проверить состояние отвала на наличие повреждений. 3 Проверить состояние гидравлической системы привода гидромотора 4 Выполнить	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, специальный ключ, плоскогубцы	Перчатки, ветошь, моторное масло ГОСТ 8581-78 М-8-Г2 (зимой), М-10-Г2 (летом); трансмиссионное масло с противозадирными свойствами ТАп-15В

#### Продолжение таблицы 4

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	смазку и регулировку механизмов снегоочистителя			ГОСТ 23652-79; - литол-24 ГОСТ 21150-87

### 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;

- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

При работе плужно-роторного снегоочистителя на водителя и на людей находящихся рядом влияют вредные и опасные факторы, наносящие ущерб их здоровью, а также способствующие снижению работоспособности машиниста (вредные производственные факторы). Если не принять соответствующие меры при работе машины, возникает опасность производственного травматизма (опасные производственные факторы).

К опасным факторам относятся:

- быстровращающийся ротор метателя;
- вылетающая из выбросного патрубка струя снега;
- массивная металлическая конструкция рабочего оборудования.

К вредным факторам относятся:

- шум базовой машины;
- вибрация в кабине машиниста;
- недопустимая температура воздуха в кабине машины (пониженная, выходящая за пределы нормы, так как машина предназначена для работы в зимнее время года);
- выхлопные газы от работающего дизельного двигателя.

Быстровращающийся ротор может послужить причиной нанесения увечий вследствие попадания в зону вращения ротора конечностей человека. Поэтому для предотвращения несчастных случаев ротор оборудуется металлическим защитным кожухом. Для создания компактности и плотности струи отбрасываемого снега предусмотрен выбросной патрубок. От массивной металлической конструкции рабочего оборудования может исходить угроза только в том случае, если водитель не достаточно «чувствует» габаритные размеры снегоочистителя.

Таблица 5 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025.

Таблица 5 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в месте крепления ротора. 2 Проверить состояние отвала на наличие повреждений. 3 Проверить состояние гидравлической системы привода гидромотора 4 Выполнить смазку и регулировку механизмов снегоочистителя	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей трактора, снегоочистителя	Элементы конструкции базовой машины, снегоочистителя
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, шум базовой машины
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины, снегоочистителя
	Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится

## Продолжение таблицы 5

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
		технологический процесс
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	«Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [12]
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О

специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [12].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
  - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
  - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [12].

- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствии с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;

- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [12].

В целях частичного или полного устранения выявленных проблем выбираем методы и средства, которые соответствуют действующим нормативным документам.

Для уменьшения профессиональных рисков приведены мероприятия, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015;	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].

Продолжение таблицы 6

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	– обеспечение дистанционного управления оборудованием	
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [28]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [30].	–
«Монотонность труда	– объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность	–

Продолжение таблицы 6

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии» [30]. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии);</li> <li>– применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности;</li> <li>– отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования;</li> <li>– усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно</li> </ul>	<p>–</p>

## Продолжение таблицы 6

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале;</li> <li>– выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы «человек-машина» [20];</li> <li>– «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания);</li> <li>– чередование пассивного отдыха с активным» [15].</li> </ul>	

### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 7).

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [24].

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о

требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [26].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в

зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025 (таблица 8), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 8 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение	Не допускается использование

## Продолжение таблицы 8

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [31]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларусь-1025**

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;
- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора

Беларус-1025 и сведем их в таблицу 9.

Таблица 9 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	«Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);
- гидросферу – «контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [22];
- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан паспорт производственно-технологического процесса обслуживания снегоочистителя плужно-роторного типа для

трактора Беларус-1025;

- выявлены профессиональные риски при обслуживании снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025 и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при обслуживании снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при обслуживании снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025 и разработаны мероприятия по их снижению.

Также необходимо подчеркнуть, что участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

## 6 Экономическая эффективность проекта

В настоящее время очистка городских дорог от снега производится в основном шнекороторными и фрезерно-роторными снегоочистителями. Но по конструкции плужно-роторное оборудование проще, а, следовательно, дешевле при производстве и в эксплуатации. Анализ существующей техники показал, что необходимо усовершенствование конструкции плужно-роторного снегоочистителя. Это позволит повысить его конкурентоспособность на рынке снегоочистителей. Сущностью предлагаемого мероприятия является модернизация плужно-роторного снегоочистительного оборудования.

Новое рабочее оборудование имеет возможность изменять ширину очищаемой полосы за счет изменения угла поворота отвала в плане, а также может использоваться как легкоосменное оборудование.

В таблице 10 представлены исходные данные для расчета.

Таблица 10 – Исходные данные для расчета

Наименование показателей	Условные обозначения	Единица измерения	Значения показателей	
			БТ	НТ
Масса машины	$G$	т	4,6	4,7
Мощность двигателя	$N_{EH}$	кВт	73,5	73,5
Техническая производительность	$V_{Tч}$	т/ч	100	200
Оптовая цена машины	$Ц$	тыс. р.	740	770

Балансовая стоимость машины определяется по формуле:

$$K = Ц \cdot K_{д}, \quad (56)$$

где  $Ц$  – цена техники, р.

$K_{д}$  – коэффициент перехода от цены к балансовой стоимости, принимается равным 1,09.

$$K_{HT} = 770000 \cdot 1,09 = 839300 \text{ р.},$$

$$K_{BT} = 740000 \cdot 1,09 = 806600 \text{ р.}$$

При производстве однородной продукции годовая эксплуатационная производительность определяется по формуле:

$$B = B_{\text{ЭЧ}} \cdot T_{\Gamma}, \quad (57)$$

где  $B_{\text{ЭЧ}}$  – среднечасовая эксплуатационная производительность, т/маш-ч.;

$T_{\Gamma}$  – количество машино-часов работы техники в году, маш-ч./год.

$$B_{\text{ЭЧ}} = B_{\text{ТЧ}} \cdot K_{\Gamma}, \quad (58)$$

где  $B_{\text{ТЧ}}$  – часовая техническая производительность, т/маш-ч.;

$K_{\Gamma}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной, принимается равным 0,5.

$$B_{\text{ЭЧ}}^{\text{HT}} = 200 \cdot 0,5 = 100 \text{ т/маш-ч.},$$

$$B_{\text{ЭЧ}}^{\text{BT}} = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ т/маш-ч.}$$

$$T_{\Gamma} = \frac{T_{\Phi} - 2 \cdot T_{\text{СО}}}{\frac{1}{t_{\text{СМ}} \cdot K_{\text{СМ}}} + D_{\text{Р}} + \frac{D_{\text{П}}}{T_{\text{ОБ}}}}, \quad (59)$$

где  $T_{\Phi}$  – годовой фонд рабочего времени техники, дни;

$T_{\text{СО}}$  – продолжительность сезонного обслуживания, дни;

$t_{\text{СМ}}$  – продолжительность смены, ч.;

$K_{\text{СМ}}$  – коэффициент сменности;

$D_{\text{Р}}$  – простои во всех видах ТО и Р, дни/маш-ч.;

$T_{\text{ОБ}}$  – время работы на объекте, маш-ч.;

$D_{\text{П}}$  – продолжительность одной перебазировки, дни.

Так как машина предназначена для уборки дорожных покрытий в зимнее время года, принимаем, что она будет работать три зимних месяца: декабрь, январь, февраль; один осенний – ноябрь и один весенний – март. Тогда:  $T_{\Phi}$  принимается равным 101 день,  $T_{CO} = 0$  дней,  $t_{CM} = 8$  часов,  $K_{CM} = 1,23$ ,  $T_{OB}$  – постоянно,  $D_{\Pi}$  – нет перебазировок.

$$D_P = \left[ \frac{\sum_i^M (d_{Pi} + d_{\Pi Pi}) \cdot a_i}{T_P} + \frac{t_{OTK}}{t_{CM} \cdot T_{OTK}} \right] \cdot K_{\Phi}, \quad (60)$$

где  $d_{Pi}$  – продолжительность пребывания техники в  $i$ -ом ремонте или ТО, принимается равной для ТО-1 0,1 дня, для ТО-2 0,5 дня, для ТР 4 дня;

$d_{\Pi Pi}$  – продолжительность ожидания ремонта, доставки в ремонт и обратно, дни;

$a_i$  – количество  $i$ -х ремонтов или ТО за межремонтный цикл

$T_P$  – средний ресурс до капитального ремонта, мото-ч

$t_{OTK}$  – среднее время на устранение отказа, маш-ч

$T_{OTK}$  – наработка на отказ, мото-ч

$K_{\Phi}$  – коэффициент перевода мото-часов в машино-часы

Количество ТО за межремонтный цикл рассчитывается с учетом их периодичности:

$$a_{TP} = \frac{T_P}{t_{TP}} - 1, \quad (60)$$

где  $t_{TP}$  – периодичность текущего ремонта, мото-ч.

$$a_{TP} = \frac{5760}{960} - 1 = 5,$$

$$a_{TO-2} = \frac{5760}{240} - 1 - 5 = 18,$$

$$a_{TO-1} = \frac{5760}{60} - 1 - 5 - 18 = 72,$$

$$D_P = \left[ \frac{(4+10) \cdot 5 + 0,5 \cdot 18 + 0,1 \cdot 72}{5760} + \frac{10}{8 \cdot 500} \right] \cdot 0,45 = 0,00786 \text{ дн/маш-ч.},$$

$$T_G = \frac{101 - 0}{\frac{1}{8 \cdot 1,23} + 0,00786 + 0} = 923 \text{ маш-ч./год},$$

$$B_{HT} = 100 \cdot 923 = 92300 \text{ т/год},$$

$$B_{BT} = 50 \cdot 923 = 46150 \text{ т/год}.$$

Определяем удельные капитальные вложения.

$$K_v = \frac{K}{B}, \quad (61)$$

$$K_v^{HT} = \frac{839300}{92300} = 9,09 \text{ р./т},$$

$$K_v^{BT} = \frac{806600}{46150} = 17,48 \text{ р./т}.$$

Годовые текущие издержки при использовании техники определяются по формуле:

$$C_G = (C_A + C_P + C_{KP} + C_{3P} + C_3 + C_3 + C_{CM} + C_{GM} + C_M + C_{ч} + C_{ИБ}) \cdot (1 + H_P), \quad (62)$$

где  $C_A$  – амортизационные отчисления на реновацию, р.;

$C_P$  – затраты на выполнение текущих, неплановых ремонтов и ТО,

р.;

$C_{KP}$  – затраты на выполнение капитальных ремонтов, р.;

$C_{ЗР}$  – заработная плата рабочих, выполняющих технологические операции вручную, р.;

$C_3$  – заработная плата рабочих, управляющих техникой, р.;

$C_э$  – затраты на энергоресурсы, р.;

$C_{СМ}$  – затраты на смазочные материалы, р.;

$C_{ГМ}$  – затраты на масло для гидросистемы, р.;

$C_M$  – затраты на материалы, участвующие в технологическом процессе, р.;

$C_ч$  – затраты на замену быстроизнашивающихся частей, р.;

$C_{ПБ}$  – затраты на перебазировку, р.;

$H_p$  – норма накладных расходов, связанных с эксплуатацией техники, принимается равной 0,21.

Амортизационные отчисления на реновацию:

$$C_A = \frac{P_A \cdot K}{100}, \quad (63)$$

где  $P_A$  – норма амортизационных отчислений на реновацию, %;

$K$  – капитальные вложения (балансовая стоимость), р.

$$C_A^{HT} = \frac{10 \cdot 839300}{100} = 83930 \text{ р.},$$

$$C_A^{БТ} = \frac{10 \cdot 806600}{100} = 80660 \text{ р.}$$

Затраты на выполнение текущих, неплановых ремонтов и ТО:

$$C_P = C_{PЗ} \cdot K_P \cdot \lambda_P \cdot \left[ T_\Gamma \cdot K_\Gamma \cdot \left( \frac{\sum_i^m a_i \cdot r_i}{T_P} + \frac{t_{ОТК} \cdot B_P}{T_{ОТК}} \right) + 2 \cdot r_{CO} \right] + 1,2 \cdot C_{ЗРЧ}, \quad (64)$$

где  $C_{P3}$  – средняя тарифная ставка работы по ремонту машин, р./чел-ч.;

$K_P$  – средний коэффициент к тарифной ставке;

$\lambda_P$  – коэффициент, учитывающий премии ремонтным рабочим;

$r_i$  – трудоемкость  $i$ -го ТО или ТР, чел-ч.;

$B_P$  – количество рабочих, занятых устранением отказа, чел.;

$r_{CO}$  – трудоемкость сезонного обслуживания, чел-ч.;

$C_{зрч}$  – расход запасных частей на год работы техники, р./год.

$$C_P^{HT} = 140 \cdot 1,07 \cdot 1,3 \cdot \left[ 923 \cdot 0,45 \cdot \left( \frac{3 \cdot 72 + 8 \cdot 18 + 240 \cdot 5}{5760} + \frac{10 \cdot 2}{500} \right) + 2 \cdot 0 \right] + 1,2 \cdot 12000 = 23355 \text{ р.}$$

$$C_P^{BT} = 140 \cdot 1,07 \cdot 1,3 \cdot \left[ 923 \cdot 0,45 \cdot \left( \frac{3 \cdot 72 + 8 \cdot 18 + 240 \cdot 5}{5760} + \frac{10 \cdot 2}{500} \right) + 2 \cdot 0 \right] + 1,2 \cdot 10000 = 20955 \text{ р.}$$

Затраты на выполнение капитальных ремонтов:

$$C_{KP} = \frac{T_{\Gamma} \cdot K_{\Psi} \cdot \Psi_{KP}}{T_P}, \quad (65)$$

где  $\Psi_{KP}$  – цена капитального ремонта, р.

$$C_{KP}^{HT} = \frac{923 \cdot 0,45 \cdot 20000}{5760} = 1442 \text{ р.},$$

$$C_{KP}^{BT} = \frac{923 \cdot 0,45 \cdot 15000}{5760} = 1081 \text{ р.}$$

Заработная плата рабочих, управляющих техникой:

$$C_3 = K_{DOI} \cdot K_P \cdot \lambda_P \cdot T_{\Gamma} \cdot \sum_i^B C_{Ti}, \quad (66)$$

где  $K_{DOI}$  – коэффициент, учитывающий доплаты, за работу во 2-ю и 3-ю смены;

$C_{Ti}$  – часовая тарифная ставка рабочего  $i$ -го разряда, р./ч.

$$K_{доп} = 1,2 - \frac{1,6}{K_{см} \cdot t_{см}}, \quad (67)$$

$$K_{доп} = 1,2 - \frac{1,6}{1,23 \cdot 8} = 1,04.$$

$$C_3 = 1,04 \cdot 1,07 \cdot 1,3 \cdot 923 \cdot 50 = 66762 \text{ р.}$$

Затраты на энергоресурсы (топливо):

$$C_{эТ} = Ц_T \cdot W_T \cdot T_T, \quad (68)$$

где  $Ц_T$  – цена топлива, р./кг

$W_T$  – часовой расход топлива, кг/маш-ч.

$$W_T = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot N_{ЕН} \cdot q_{ЕН} \cdot K_N \cdot K_{ДВ} \cdot K_{ДМ}, \quad (69)$$

где  $N_{ЕН}$  – номинальная мощность двигателя, кВт;

$q_{ЕН}$  – удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт·ч.;

$K_N$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования двигателя по мощности.

$$W_T = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 73,5 \cdot 220 \cdot 1,35 \cdot 0,65 \cdot 0,5 = 7,3 \text{ кг/маш-ч.},$$

$$C_{эТ} = 14 \cdot 7,3 \cdot 923 = 94331 \text{ р.}$$

Затраты на смазочные материалы:

$$C_{см} = K_{СТ} \cdot C_э, \quad (70)$$

где  $K_{СТ}$  – коэффициент перехода от годовых затрат на топливо к затратам на смазочные материалы, принимается равным 0,22.

$$C_{CM} = 0,22 \cdot 94331 = 20753 \text{ р.}$$

Затраты на масло для гидросистемы:

$$C_{GM} = \frac{V_G \cdot O_M \cdot C_{MG} \cdot K_D \cdot T_G}{T_M}, \quad (71)$$

где  $V_G$  – емкость гидросистемы,  $\text{дм}^3$ ;

$O_M$  – объемная масса гидравлической жидкости,  $\text{кг/дм}^3$ ;

$C_{MG}$  – оптовая цена гидравлической жидкости,  $\text{р./кг}$ ;

$K_D$  – коэффициент доливок;

$T_M$  – периодичность замены гидравлической жидкости, маш-ч.

$$C_{GM}^{HT} = \frac{60 \cdot 0,885 \cdot 90 \cdot 1,5 \cdot 923}{1600} = 4135 \text{ р.},$$

$$C_{GM}^{BT} = \frac{20 \cdot 0,885 \cdot 90 \cdot 1,5 \cdot 923}{1600} = 1378 \text{ р.}$$

Затраты на замену быстроизнашивающихся частей:

$$C_q = \frac{\sum_i^m C_{qi} \cdot N_{qi} \cdot T_G}{T_{сл.чi}}, \quad (72)$$

где  $C_{qi}$  – цена быстроизнашивающейся  $i$ -ой части,  $\text{р./шт.}$ ;

$N_{qi}$  – количество одновременно заменяемых быстроизнашивающихся  $i$ -х частей, шт.;

$T_{сл.чi}$  – нормативный срок службы быстроизнашивающихся  $i$ -х частей, маш-ч.

$$C_q = \frac{(3000 + 8000) \cdot 4 \cdot 923}{3200} = 13845 \text{ р.},$$

$$C_G^{HT} = (83930 + 23355 + 1442 + 66762 + 94331 + 20753 + 4135 + 13845) \cdot (1 + 0,21) = 373349 \text{ р.},$$

$$C_G^{BT} = (80660 + 20955 + 1081 + 66762 + 94331 + 20753 + 1378 + 13845) \cdot (1 + 0,21) = 362716 \text{ р.}$$

Калькуляция годовых текущих издержек представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Калькуляция годовых текущих издержек

Статьи затрат	Условные обозначения	Значения показателей, руб.	
		БТ	НТ
Амортизационные отчисления на реновацию	$C_A$	80660	83930
Затраты на выполнение ТО и Р	$C_P$	20955	23355
Затраты на выполнение капитального ремонта	$C_{KP}$	1081	1442
Заработная плата рабочих, управляющих техникой	$C_3$	66762	66762
Затраты на топливо	$C_Э$	94331	94331
Затраты на смазочные материалы	$C_{CM}$	20753	20753
Затраты на масло для гидросистемы	$C_{ГМ}$	1378	4135
Затраты на замену быстроизнашивающихся частей	$C_ч$	13845	13845
Итого:	–	299765	308553
Общая сумма годовых текущих издержек с накладными расходами	$C_G$	362716	373349

Стоимостная оценка основных результатов работы техники:

$$P_G = C_{II} \cdot B, \quad (73)$$

где  $C_{II}$  – цена единицы конечной продукции, производимой техникой, р./т.

Цена единицы конечной продукции, производимой техникой, определяется спросом и предложением, но должна быть не менее определенной величины, равной:

$$Ц'_П = C_П \cdot (1 + H_P) \cdot (1 + П_H), \quad (74)$$

где  $C_П$  – прямые затраты на эксплуатацию машины и материальные ресурсы, р./т;

$П_H$  – норма плановых накоплений к плановой себестоимости.

$$C_П = \frac{C_Г}{B}, \quad (75)$$

$$C_П^{HT} = \frac{373349}{92300} = 4,04 \text{ р./т},$$

$$C_П^{BT} = \frac{362716}{46150} = 7,86 \text{ р./т},$$

$$Ц'_{П}{}^{HT} = 4,04 \cdot (1 + 0,21) \cdot (1 + 0,25) = 6,11 \text{ р./т},$$

$$Ц'_{П}{}^{BT} = 7,86 \cdot (1 + 0,21) \cdot (1 + 0,25) = 11,89 \text{ р./т},$$

$$P_G^{HT} = 6,11 \cdot 92300 = 563953 \text{ р.},$$

$$P_G^{BT} = 11,89 \cdot 46150 = 548724 \text{ р.}$$

Экономический эффект в расчете на одну машину за год работы:

$$\mathcal{E}_1 = P_G - C_G, \quad (76)$$

$$\mathcal{E}_1^{HT} = 563953 - 373349 = 190604 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_1^{BT} = 548724 - 362716 = 186008 \text{ р.}$$

Прирост экономического эффекта за счет внедрения новой техники:

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{1,2} - \mathcal{E}_{1,1}, \quad (77)$$

где  $\mathcal{E}_{1,2}$  – экономический эффект в расчете на одну машину (новая техника) за год работы, р.;

$\mathcal{E}_{1,1}$  – экономический эффект в расчете на одну машину (базовая техника) за год работы, руб.

$$\Delta \mathcal{E} = 190604 - 186008 = 4596 \text{ р.}$$

Экономический эффект в расчете на одну машину за срок ее службы до списания:

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 \cdot T_{\text{сл}}, \quad (78)$$

где  $T_{\text{сл}}$  – срок службы техники до списания, год.

$$\mathcal{E}_2^{\text{HT}} = 190604 \cdot 9 = 1715436 \text{ р.,}$$

$$\mathcal{E}_2^{\text{БТ}} = 186008 \cdot 9 = 1674072 \text{ р.}$$

Результаты расчета сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты расчета

Наименование показателей	Условные обозначения	Единица измерения	Значение показателей	
			БТ	HT
Капитальные затраты	$K$	тыс. р.	806,6	839,3
Годовая эксплуатационная производительность	$B$	т/год	46150	92300
Годовые текущие издержки потребителя	$C$	тыс. р.	362716	373349
Экономический эффект на 1 машину за год работы	$\mathcal{E}_1$	тыс. р.	186008	190604
Прирост экономического эффекта за счет внедрения HT	$\Delta \mathcal{E}$	тыс. р.	-	4596
Экономический эффект на 1 машину за срок ее службы	$\mathcal{E}_2$	тыс. р.	1674072	1715436

Выводы по разделу.

В разделе выполнен расчет экономического эффекта при внедрении снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларус-1025. Результаты расчета представлены в таблице 12.

## Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана конструкция снегоочистителя плужно-роторного типа для трактора Беларусь-1025.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование конструкции снегоочистителя плужно-роторного типа для более рационального и эффективного применения, так как рабочее оборудование выполнено съемным, что позволяет использовать базовую машину с другим рабочим оборудованием.

В настоящее время снег убирается в основном с основных магистральных и некоторых прилегающих дорогах, а остальные остаются неочищенными и непригодными для проезда. Для решения этой проблемы необходимы легкие, мобильные, маневренные снегоочистители с небольшой и регулируемой дальностью отброса снега.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- выполнен обзор существующей снегоочистительной техники, который показал, что необходима модернизация навесного плужно-роторного оборудования для более рационального и эффективного применения;
- выполнен тягово-динамический расчёт трактора Беларусь-1025;
- выполнены конструкторские расчеты основных элементов метателя, баланса мощности, подбор гидрооборудования и проектирование элементов навески рабочего оборудования;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемого снегоочистителя плужно-роторного типа;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции снегоочистителя плужно-роторного типа с экономической стороны.

## Список используемой литературы и используемых источников

1 Баловнев В. И. Многоцелевые дорожно-строительные и технологические машины (определение параметров и выбор) : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Подъемно-транспортные, строит., дорожные машины и оборудование", направление подгот. "Трансп. машины и трансп.-технологические комплексы" / В.И. Баловнев. - Омск ; Москва, 2006 (Омск : Омский дом печати). - 318, [1] с.

2 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] с.

3 Васильченко В. А.. Гидравлическое оборудование мобильных машин : Справочник / В. А. Васильченко. - Москва : Машиностроение, 1983. - 301 с.

4 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.

5 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет имени И. И.

Ползунова", Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.

6 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

7 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине "Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования" : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

8 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

9 Гребнев В. П. Тракторы и автомобили [Электронный ресурс] : теория и эксплуатационные свойства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия" / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин ; под общ. О. И. Поливаева. - 2-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2015. - 260 с.

10 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

11 Демура Н. А. Организация и планирование производства [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные

транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. - 122 с.

12 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации "Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

13 Зак Г. Г. Справочник конструктора (машиностроителя) [Текст] / Г. Г. Зак, Л. И. Рубинштейн. - Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. - 567 с.

14 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

15 Иванов А. Н. Развитие конструкций снегоочистительных машин [Текст] : Обзор / А. Н. Иванов, В. А. Мишин. - Москва : [б. и.], 1974. - 68 с.

16 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста "Полиграфкнига"). - Обл., 179 с.

17 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов ; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

18 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

19 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 15.03.01 "Машиностроение" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

20 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

21 Основные характеристики и тенденции развития современных отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов : учебное пособие / А. П. Иншаков [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Мордовский гос. ун-т им. Н. П. Огарева". - Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2007. - 162, [4]с.

22 Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

23 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с.

24 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 "Наземные транспортно-технологические средства" / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

25 Уханов А. П. Конструкция и основы теории транспортных машин [Текст] : учебное пособие / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. В. Рыблов ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. - Пенза : РИО ПГСХА, 2015. - 226 с.

26 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, [3] с.

27 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология производства наземных транспортно-технологических средств" / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, сор. 2018. - 65 с.

- 28 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.
- 29 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.
- 30 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.
- 31 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.
- 32 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А  
**Спецификации**

	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.					<u>Документация</u>			
	A1			23.ДП.01.158.61.00.000.В0	Чертеж общего вида	1		
	A4			23.ДП.01.158.61.00.000.ПЗ	Расчетно-пояснительная записка	1		
					<u>Сборочные единицы</u>			
Справ. №	A1	1		23.ДП.01.158.61.01.000	Оборудование снегоочистительное ротарное	1		
		2		23.ДП.01.158.61.02.000	Кранштейн	2		
		3		23.ДП.01.158.61.03.000	Проушина	1		
Подп. и дата					<u>Детали</u>			
		4		23.ДП.01.158.61.00.004	Палец	2		
Инв. № дробл.		5		23.ДП.01.158.61.00.005	Палец	2		
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
				23.ДП.01.158.61.00.000				
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит	Лист	Листов
	Разраб.		Пестерев МВ			Д	1	2
	Проб.		Тузиков А.С.					
	Н.контр.		Тузиков А.С.			Снегоочиститель ТГУ, АТс-1801z		
	Утв.		Бодровский АВ					
						Копировал	Формат	A4

Рисунок А.1 – Спецификация на снегоочиститель



Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							№	Дата	
				<u>Документация</u>					
A1			23.ДП.01.158.61.01.000.СБ	Сборочный чертеж	1				
				<u>Сборочные единицы</u>					
A1	1		23.ДП.01.158.61.01.01.000	Отвал боковой	2				
A1	2		23.ДП.01.158.61.01.02.000	Ротор	1				
A1	3		23.ДП.01.158.61.01.03.000	Кожух ротора	1				
A2	4		23.ДП.01.158.61.01.04.000	Патрубок выбросной	1				
A3	5		23.ДП.01.158.61.01.05.000	Подкос	2				
A1	6		23.ДП.01.158.61.01.06.000	Рама толкающая	1				
A3	7		23.ДП.01.158.61.01.07.000	Колесо опорное	1				
				<u>Детали</u>					
A4	8		23.ДП.01.158.61.01.008	Палец	4				
A4	9		23.ДП.01.158.61.01.009	Палец	2				
A4	10		23.ДП.01.158.61.01.010	Палец	4				
A4	11		23.ДП.01.158.61.01.011	Палец	4				
A4	12		23.ДП.01.158.61.01.012	Палец	2				
A4	13		23.ДП.01.158.61.01.013	Палец	1				
			23.ДП.01.158.61.00.000						
Изм./Лист		№ докум.		Подп.		Дата			
Разраб.		Пестерев МВ							
Проб.		Тизилов А.С.							
Н.контр.		Тизилов А.С.							
Утв.		Бодровский АВ							
Оборудование						Лит.		Лист	
сменное снегоочистительное						Д		1	
ТГУ, АТс-1801z						Листов		2	
Копировал						Формат А4			

Рисунок А.3 – Спецификация на сменное оборудование для снегоочистителя





Продолжение Приложения А

Формат	Знак	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Лист							
							Лит.	Листов						
Справ. №	Лист примен.			<i>Документация</i>										
		A1	23.ДП.01.158.6101.01.000.СБ	Сборочный чертеж	1									
					<i>Детали</i>									
		A4	1	23.ДП.01.158.6101.01.001	Лист лобовой	1								
		A4	2	23.ДП.01.158.6101.01.002	Лист жесткости	1								
		A4	3	23.ДП.01.158.6101.01.003	Лист верхний	1								
		A4	4	23.ДП.01.158.6101.01.004	Полоса	2								
		A4	5	23.ДП.01.158.6101.01.005	Полоса	1								
		A4	6	23.ДП.01.158.6101.01.006	Втулка	4								
		A4	7	23.ДП.01.158.6101.01.007	Проушина	2								
		A4	8	23.ДП.01.158.6101.01.008	Основание	1								
		Лист и дата	Инв. № дробл.	A4	9	23.ДП.01.158.6101.01.008	Втулка	2						
A4	10			23.ДП.01.158.6101.01.010	Пластина	1								
A4	11			23.ДП.01.158.6101.01.011	Полоса	2								
A4	12			23.ДП.01.158.6101.01.012	Косынка	1								
						<i>Стандартные изделия</i>								
	13					Винт М16 ГОСТ 17475-80	7							
	14					Шайба пружинная ГОСТ 6402-70	7							
	15					Гайка М16 ГОСТ 15526-70	7							
						23.ДП.01.158.6101.01.000								
Инв. № подл.	Лист и дата			Взам. инв. №	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Отвал боковой правый					
												Лит.	Лист	Листов
												Д		1
		ТГУ, АТс-1801з												
	Разраб.	Пестерев МВ												
	Пров.	Тизилов А.С.												
	Н.контр.	Тизилов А.С.												
	Чтв.	Бадрафский АВ												

Копировал

Формат А4

Рисунок А.6 – Спецификация на отвал снегоочистителя

Продолжение Приложения А

Формат	Знак	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A1			23.ДП.01.158.6101.03.000.СБ	Сборочный чертёж	1		
<i>Детали</i>							
A4	1		23.ДП.01.158.6101.03.001	Полоса	1		
A4	2		23.ДП.01.158.6101.03.002	Лист лобовой	1		
A4	3		23.ДП.01.158.6101.03.003	Задняя стенка	1		
A4	4		23.ДП.01.158.6101.03.004	Втулка	8		
A4	5		23.ДП.01.158.6101.03.005	Основание	2		
A4	6		23.ДП.01.158.6101.03.006	Основание	2		
A4	7		23.ДП.01.158.6101.03.007	Прошина	4		
A4	8		23.ДП.01.158.6101.03.008	Втулка	4		
A4	9		23.ДП.01.158.6101.03.009	Основание	1		
A4	10		23.ДП.01.158.6101.03.010	Прошина	2		
A4	11		23.ДП.01.158.6101.03.011	Втулка	2		
A4	12		23.ДП.01.158.6101.03.012	Пластина	1		
A4	13		23.ДП.01.158.6101.03.013	Основание	2		
A4	14		23.ДП.01.158.6101.03.014	Прошина	4		
A4	15		23.ДП.01.158.6101.03.015	Втулка	4		
A4	16		23.ДП.01.158.6101.03.016	Основание	2		
A4	17		23.ДП.01.158.6101.03.017	Прошина	4		
A4	18		23.ДП.01.158.6101.03.018	Втулка	4		
A4	19		23.ДП.01.158.6101.03.019	Косынка	2		
A4	20		23.ДП.01.158.6101.03.020	Полоса	2		
			23.ДП.01.158.6101.03.000				
			Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Изм. № подл.	Разраб.	Пестерев МВ					
	Пров.	Тизлилов А.С.					
			<b>Кожух ротора</b>			Лит	
						Д	
						Лист	
						1	
						Листов	
						2	
						ТГУ, АТс-1801з	
						Копировал	
						Формат А4	

Рисунок А.7 – Спецификация на кожух ротора



