

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 Колесный трактор Беларус-1025. Проектирование оборудования для  
очистки снега плужно-роторного типа

Обучающийся

К.Н. Хвостов  
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

(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)

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

(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)

Тольятти 2025

## **Аннотация**

Дипломный проект на тему: «Колесный трактор Беларус-1025. Проектирование оборудования для очистки снега плужно-роторного типа».

Проектируемое оборудование позволяет повысить производительность зимней уборки территорий по сравнению с традиционными плужными отвалами, сохраняя маневренность базового трактора.

Цель работы: разработка эффективного плужно-роторного снегоочистительного оборудования, адаптированного к характеристикам колесного трактора Беларус-1025, для обеспечения качественной и производительной уборки снега в различных условиях эксплуатации.

Задачи работы:

- анализ существующих конструкций снегоочистительного оборудования и их применимости для трактора Беларус-1025;
- определение оптимальных технических параметров и режимов работы плужно-роторного снегоочистителя;
- разработка конструкторской документации с учетом требований надежности, производительности и удобства эксплуатации;
- проведение прочностных и кинематических расчетов основных узлов оборудования;
- оценка экономической эффективности предложенного решения.

Объект работы: оборудование для очистки снега плужно-роторного типа.

Методы исследования: анализ научной и технической литературы, компьютерное моделирование, инженерные расчеты, сравнительный анализ.

Основные результаты: разработано оборудование для очистки снега плужно-роторного типа, обеспечивающее эффективное и экономичное использование. Предложенное решение может быть внедрено на предприятиях городского хозяйства, занимающихся содержанием улиц.

Структура работы включает введение, шесть разделов основного содержания, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение.

Первый раздел посвящен комплексному анализу современного парка снегоуборочной техники. Проведенные исследования выявили существенную потребность в усовершенствовании конструкции навесных плужно-роторных агрегатов, что позволит значительно повысить их эксплуатационную эффективность и экономическую целесообразность применения.

Во втором разделе представлены результаты детального тягово-динамического анализа базового энергетического средства - трактора Беларус-1025. Выполненные расчеты позволили определить оптимальные параметры взаимодействия трактора с разрабатываемым навесным оборудованием.

Третий раздел содержит инженерные расчеты ключевых конструктивных элементов снегометного устройства, обоснование выбора гидравлического оборудования, проектные решения по узлам навески снегоочистительного агрегата

Четвертый раздел посвящен разработке технологического процесса сборки, представлен выбор оптимального метода, детальная схема выполнения операций.

В пятом разделе проведен комплексный анализ безопасности и экологичности проекта, оценены потенциальные риски для персонала и окружающей среды, разработаны инженерные и организационные меры по их минимизации, предложены решения, обеспечивающие соответствие проекта действующим нормам охраны труда и экологическим стандартам.

В шестом разделе проведена оценка финансовой целесообразности проекта, проведён расчёт ключевых показателей, подтверждающих его рентабельность и окупаемость.

Пояснительная записка на 109 страницах, объем графической части составляет 10 листов формата А1.

## **Abstract**

The title of the graduation work is: «The Belarus-1025 wheeled tractor. The design of equipment for cleaning snow-rotating snow».

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

The aim of the project is to develop a functional and efficient snow removal attachment through engineering calculations, power analysis, and structural design optimization.

In the first part, the current state of snow removal technologies is reviewed, with justification for selecting a combined plow-rotor configuration as the optimal solution.

In the second part, traction and dynamic calculations for the Belarus-1025 tractor are performed to determine the machine's operational capabilities and limitations.

The third section presents the detailed design process, including:

- description of the proposed plow-rotor snow removal system,
- calculation of key rotor parameters for optimal snow discharge,
- power balance analysis to ensure efficient energy distribution,
- traction calculations for proper equipment operation,
- hydraulic system component selection,
- design of mounting elements for the working equipment,
- stability verification and wheel load determination to ensure safe operation.

Additionally, the project covers production planning, safety and environmental considerations, and an economic feasibility assessment.

This research contributes to agricultural and municipal machinery development by providing an effective snow removal solution that combines plowing and rotary mechanisms, enhancing winter service productivity while maintaining tractor stability and performance..

## Содержание

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение.....                                                                                                                        | 6   |
| 1 Состояние вопроса .....                                                                                                            | 10  |
| 2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....                                                                                        | 16  |
| 3 Конструкторская часть .....                                                                                                        | 30  |
| 3.1 Описание предлагаемой конструкции плужно-роторного<br>снегоочистителя.....                                                       | 30  |
| 3.2 Расчет основных параметров ротора.....                                                                                           | 31  |
| 3.3 Расчет баланса мощности.....                                                                                                     | 34  |
| 3.4 Тяговый расчет .....                                                                                                             | 36  |
| 3.5 Подбор гидрооборудования .....                                                                                                   | 39  |
| 3.6 Проектирование элементов навески рабочего оборудования .....                                                                     | 45  |
| 3.7 Проверка устойчивости машины и определение усилий на колесах<br>трактора .....                                                   | 50  |
| 4 Технологический раздел.....                                                                                                        | 53  |
| 4.1 Выбор рациональной организации технологии сборки .....                                                                           | 54  |
| 4.2 Проектирование технологического процесса сборки<br>оборудования для очистки снега плужно-роторного типа .....                    | 60  |
| 5 Безопасность и экологичность проекта .....                                                                                         | 65  |
| 5.1 Структурно-функциональный анализ .....                                                                                           | 67  |
| 5.2 Идентификация профессиональных рисков.....                                                                                       | 69  |
| 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....                                                                          | 72  |
| 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....                                                                     | 78  |
| 5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого<br>технологического процесса сборки оборудования для очистки снега ..... | 83  |
| 6 Экономическая эффективность проекта.....                                                                                           | 86  |
| Заключение .....                                                                                                                     | 97  |
| Список используемой литературы и используемых источников.....                                                                        | 98  |
| Приложение А. Спецификация.....                                                                                                      | 102 |

## Введение

В условиях урбанизации и роста численности городского населения вопросы благоустройства и поддержания чистоты общественных пространств приобретают особую значимость. Улицы, площади, парки и дворовые территории формируют облик города, влияют на качество жизни горожан, экологическую обстановку и социальное благополучие. Эффективная система уборки и содержания этих территорий в чистоте – неотъемлемая часть современного городского управления.

«Зимнее содержание автомобильных дорог – комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасного и бесперебойного движения транспорта в холодный период года. Оно включает борьбу со снежными заносами, гололедом, наледью и другими сезонными явлениями, ухудшающими состояние дорожного покрытия» [2].

Основные задачи зимнего содержания дорог:

- поддержание чистоты и ровности покрытия;
- обеспечение сцепления шин с дорогой (противоскользящие меры);
- предотвращение снежных заносов и наледи;
- своевременный вывоз снега с проезжей части и обочин;
- минимизация негативного воздействия реагентов на дорожное полотно и экологию.

«В условиях российского климата с его продолжительными снежными зимами правильная организация зимнего содержания автомобильных дорог действительно невозможна без оснащения эксплуатационных служб современной снегоочистительной техникой» [1].

От технической оснащенности дорожных служб напрямую зависит безопасность дорожного движения, пропускная способность дорог и экономические показатели транспортной системы в зимний период.

Только при условии полного и качественного оснащения дорожных служб современной снегоочистительной техникой возможно обеспечение

требуемого уровня зимнего содержания автомобильных дорог. Это комплексная задача, требующая скоординированных действий со стороны органов власти, дорожных организаций и производителей спецтехники. Инвестиции в техническое оснащение дорожных служб являются экономически оправданными, так как позволяют значительно снизить экономические потери от зимних простоев транспортной системы.

Зимняя уборка городских территорий принципиально отличается от летнего содержания дорог комплексом специальных операций, направленных на:

- борьбу со снежными отложениями,
- предотвращение образования гололеда,
- устранение наледи,
- минимизацию скользкости покрытий.

Своевременность выполнения зимних уборочных работ является определяющим фактором их эффективности по следующим причинам:

- экспоненциальный рост сложности работ с увеличением толщины снежного покрова;
- кумулятивный эффект при образовании уплотненного снега и наледи;
- геометрическая прогрессия затрат на ликвидацию последствий несвоевременной уборки.

Технологические последствия нарушения сроков уборки при опоздании:

- на 2 часа: увеличение расхода реагентов на 30-40%; рост трудозатрат на 25-35%; снижение качества очистки на 50%;
- на 4 часа: необходимость применения тяжелой техники; риск повреждения дорожного покрытия; увеличение стоимости работ в 2-3 раза.

Анализ мирового и отечественного опыта в снегоочистительной технике выявил ключевой тренд: будущее за машинами, способными убирать

снег с дорожного полотна, полностью исключая формирование снежных барьеров вдоль обочин.

«К инновационным решениям относятся роторные снегоочистители – как специализированные модели, так и адаптированные версии на базе серийных грузовиков и тракторов» [4].

Однако современные снегоуборочные комплексы – это высокотехнологичное и капиталоемкое оборудование.

В связи с этим основные направления инженерных разработок должны включать:

- повышение эффективности процессов снегоочистки;
- проектирование машин с принципиально новым уровнем производительности;
- модернизацию существующих моделей с учетом новых технологических возможностей.

Это требует как фундаментальных исследований, так и прикладных инженерных решений.

Современный парк снегоуборочной техники демонстрирует явный перекос в сторону шнекороторных и фрезерно-роторных конструкций, что создает определенный дисбаланс на рынке дорожной техники. Такой технологический перекос объясняется исторически сложившейся практикой, однако не учитывает весь спектр возможных технических решений.

Примечательно, что сложившаяся ситуация сохраняется, несмотря на наличие альтернативных разработок, которые по ряду ключевых параметров могут превосходить доминирующие на рынке модели.

Однако плужно-роторные установки, обладающие рядом эксплуатационных преимуществ, занимают на рынке неоправданно скромное место.

Ключевые достоинства плужно-роторной конструкции:

- простота и надежность – отсутствие привода питателя сокращает затраты на обслуживание;

- экономическая эффективность – снижение эксплуатационных расходов по сравнению с аналогами;
- оптимальная производительность – баланс между мощностью и габаритами.

При этом существующие решения имеют существенные недостатки:

- шнекороторные модели – высокая металлоемкость и ограниченная пропускная способность;
- фрезерно-роторные агрегаты – чрезмерная громоздкость, осложняющая маневренность.

Цель данной работы – разработка усовершенствованной конструкции плужно-роторного снегоочистителя, способной восполнить существующий технологический пробел.

Реализация этой идеи позволит предложить рынку более эффективное и экономичное решение для зимнего содержания дорог.

## 1 Состояние вопроса

Роторные снегоочистители представляют собой специализированную дорожную технику, предназначенную для уборки и отбрасывания снега с проезжей части. По принципу работы они относятся к метательному типу машин, где основным рабочим органом является ротор с лопастями, создающий направленный воздушно-снежный поток.

В зависимости от конструкции питающего устройства различают три основных типа роторных снегоочистителей:

- шнекороторные – оснащены шнековым питателем, обеспечивающим непрерывную подачу снега к ротору;
- фрезерно-роторные – имеют объединенный режуще-метательный узел;
- плужно-роторные – используют отдельный плуг для подбора снега.

Типовая конструкция роторного снегоочистителя включает следующие ключевые узлы:

- рабочий орган: ротор с лопастями (обычно 6-12 шт.), питающее устройство (шнек, фреза или плуг), регулируемое выбросное сопло, защитный кожух;
- силовая установка: гидравлический привод (в 90% современных моделей), механическая трансмиссия (в устаревших конструкциях), система управления рабочими параметрами;
- шасси: автомобильное (КАМАЗ, Урал), тракторное (МТЗ, ЧЕТРА), самоходные специализированные платформы.

Процесс снегоочистки осуществляется в три этапа:

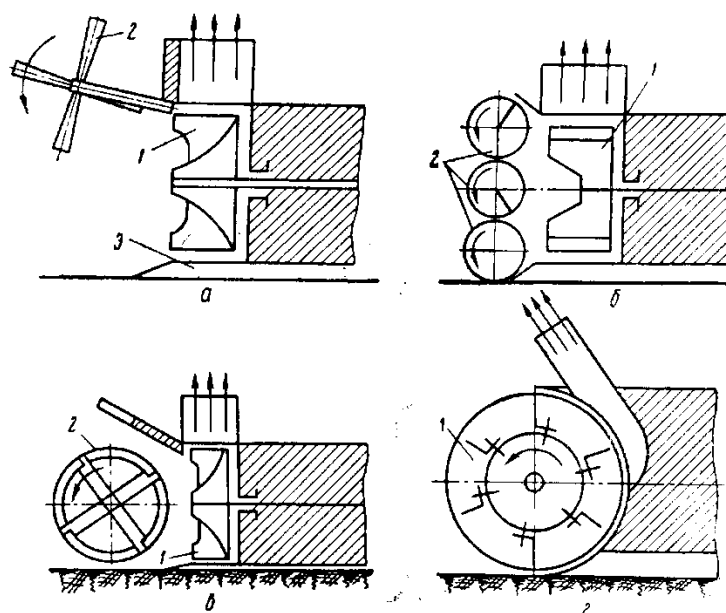
- забор снега питающим устройством,
- измельчение и транспортировка к ротору,
- выброс снежной массы через направляющее сопло.

Ключевые эксплуатационные характеристики:

- производительность: 1500-8000 т/ч.,

- дальность выброса: 15-50 м,
- рабочая скорость: 2-12 км/ч,
- мощность привода: 120-450 л.с.

«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» [7].

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. У многих моделей присутствуют оригинальные решения в конструкции рабочего оборудования. Так у модели HS-185 фирмы Beilhack 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» [14].

«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» [25].

«Представляет интерес продукция фирмы Le Matériel de Voirie (Франция), которая выпускает плужно-роторное оборудование «Turbojet» модели T-170A 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» [21].

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

Проектируемый снегоочиститель целесообразно выполнить в виде легкосъемного 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» [6].

Для привода рабочего органа планируется использовать объемную гидropередачу.

Выводы по разделу.

Данный раздел посвящен исследованию функций, строения и конструктивных характеристик снегоуборочной техники, включая подробный обзор разных схемных решений. Рассмотрены основные достоинства и недостатки существующих конструкций. По итогам анализа была выбрана оптимальная модель и марка колёсного трактора, на основе которой планируется разработка нового снегоочистительного оборудования.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

«Анализ теоретической тяговой характеристики даёт возможность наглядно оценить тяговые возможности и топливную эффективность трактора при работе в различных эксплуатационных условиях и нагрузках.

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» [13].

«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):

$$P_{\kappa \max} = \frac{M_{\kappa \max} \cdot i_{\text{mri}} \cdot \eta_{\text{mri}}}{r_{\kappa}} = A \cdot M_{\kappa \max}, \quad (1)$$

$$P_{\kappa \text{н}} = \frac{M_{\kappa \text{н}} \cdot i_{\text{mri}} \cdot \eta_{\text{mri}}}{r_{\kappa}} = A \cdot M_{\kappa \text{н}}, \quad (2)$$

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

$M_{\kappa \text{н}}$  – крутящий момент двигателя при номинальной частоте вращения коленчатого вала;

$i_{\text{mri}}$  – передаточное число трансмиссии;

$\eta_{\text{mri}}$  – 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» [10].

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

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:

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

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

Для III передачи:

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

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

Для IV передачи:

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

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

«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  $M_{\kappa \max}$  и  $M_{\kappa \text{ н}}$  соответственно касательным силам тяги  $P_{\kappa \max}$  и  $P_{\kappa \text{ н}}$ .

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  $N_e$ ,  $G_T$ ,  $n = (M_{\kappa p})$ .

При этом образуются пучки кривых  $N_e$  с общим центром в точке  $O'$ , кривые  $G_T$  с общим центром в точке  $G_{TX}$  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:  $a=0,13$ ;  $b=0,013$ ;  $c=8$ » [16].

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:

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

Для I передачи:

$$\eta_{TY2} = \frac{47}{77} = 0,61 ,$$

$$\eta_{TY3} = \frac{40,5}{65,3} = 0,62 .$$

Для II передачи:

$$\eta_{TY2} = \frac{46,4}{77} = 0,6 ,$$

$$\eta_{TV3} = \frac{40}{65,3} = 0,61.$$

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 | $P_{\kappa P}$ , Н | $V_T$ , км/ч. | $V_P$ , км/ч. | $\delta$ , % | $N_{KP}$ , кВт. | $g_{KP}$ , 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              |

Выводы по разделу.

В данном разделе выполнен комплекс расчетов по оценке тяговых и динамических свойств трактора. Построена зависимость мощности двигателя от частоты вращения коленвала (внешняя скоростная характеристика), рассчитаны передаточные отношения трансмиссии, определено распределение тяговых усилий и динамики ускорения при разгоне.

### **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» [17].

«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 komponует 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**

«Основными параметрами ротора являются его техническая производительность, плотность обрабатываемого снежного покрова, рабочие скорости перемещения, толщина снежной массы, подлежащей уборке, а также другие сопутствующие технические характеристики.

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» [23].

«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.

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

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

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

«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:

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

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

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» [18].

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

### 3.3 Расчет баланса мощности

«Уравнение баланса мощности роторного снегоочистителя имеет вид:

$$N_{\partial\partial} \geq N_p + N_{nep} + N_{всп}, \quad (20)$$

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

$N_p$  – мощность привода ротора, кВт

$N_{nep}$  – мощность, затрачиваемая на перемещение машины, кВт

$N_{всп}$  – мощность, затрачиваемая на привод вспомогательного оборудования, кВт» [3].

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.

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

где  $K_{зан}$  – 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.

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

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

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

где  $J_{сн}$  – момент инерции снега,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ » [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

«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;

$\phi_{сц}$  – коэффициент сцепления колесного движителя, принимается равным 0,2» [26].

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

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.

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

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.

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

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

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

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

где  $B$  – ширина резания, м;

$h$  – высота снежного покрова, м;

$\rho_{сн}$  – плотность снега в естественном залегании до взаимодействия с отвалом» [25].

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

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

«Соппротивление 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. Рабочая скорость снегоочистителя небольшая, то силу инерции снега не учитываем, тогда  $P_H = W_{np}$  » [16].

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

«Сопротивление подъему стружки:

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

где  $\gamma$  – угол резания, принимается равным  $80^\circ$ » [10].

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

«Определение сопротивление 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].

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

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

Полученное значение 1594 Н соответствует условию и, соответственно подобрано правильно.

### 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» [3].

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:

- 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» [4, 5].

«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» [8].

$$q_{г.м}^{расч} = \frac{6,28 \cdot 690}{20 \cdot 0,965} = 224,5 \text{ л / мин},$$

224,5 л/мин < 227,4 л/мин – условие выполняется

Окончательно принимаем гидромотор аксиально-поршневой 210.32.11.00 (рисунок 2).

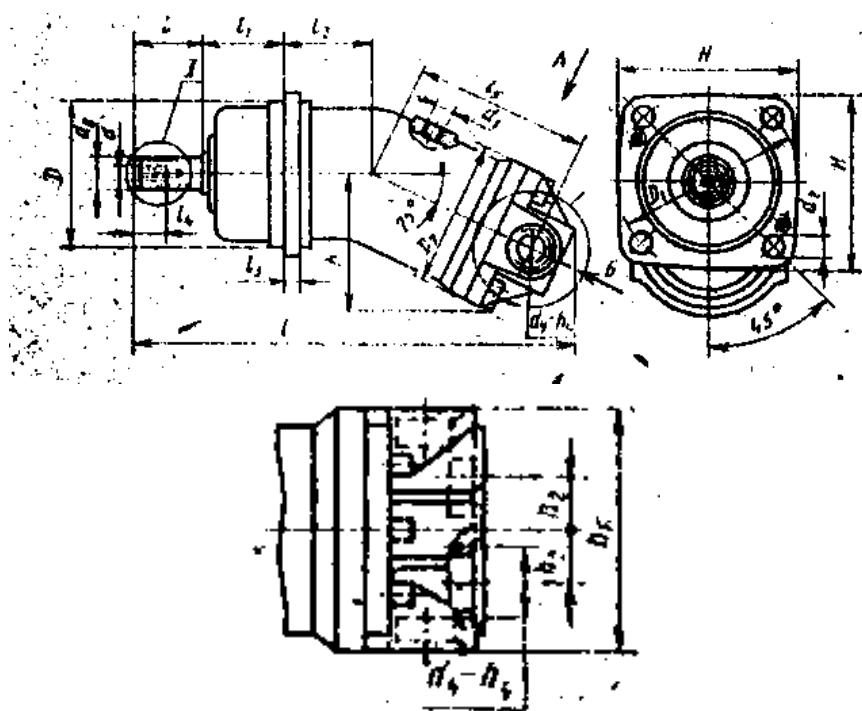


Рисунок 2 – Геометрические размеры гидромотора аксиально-поршневого

«Основным параметром выбора насоса будет подача гидравлической жидкости, которая должна быть больше или равна требуемой

$$Q_{\text{треб.}} = \frac{N_p}{P_{\text{г.п}}}, \quad (40)$$

где  $P_{\text{г.п}}$  – давление гидропередачи. Давление гидропередачи принимается по рабочему давлению гидромотора, применяем равным 20 МПа» [25].

$$Q_{\text{треб.}} = \frac{57500}{20 \cdot 10^6} = 0,0029 \text{ м}^3/\text{с} = 174 \text{ л/мин.}$$

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

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

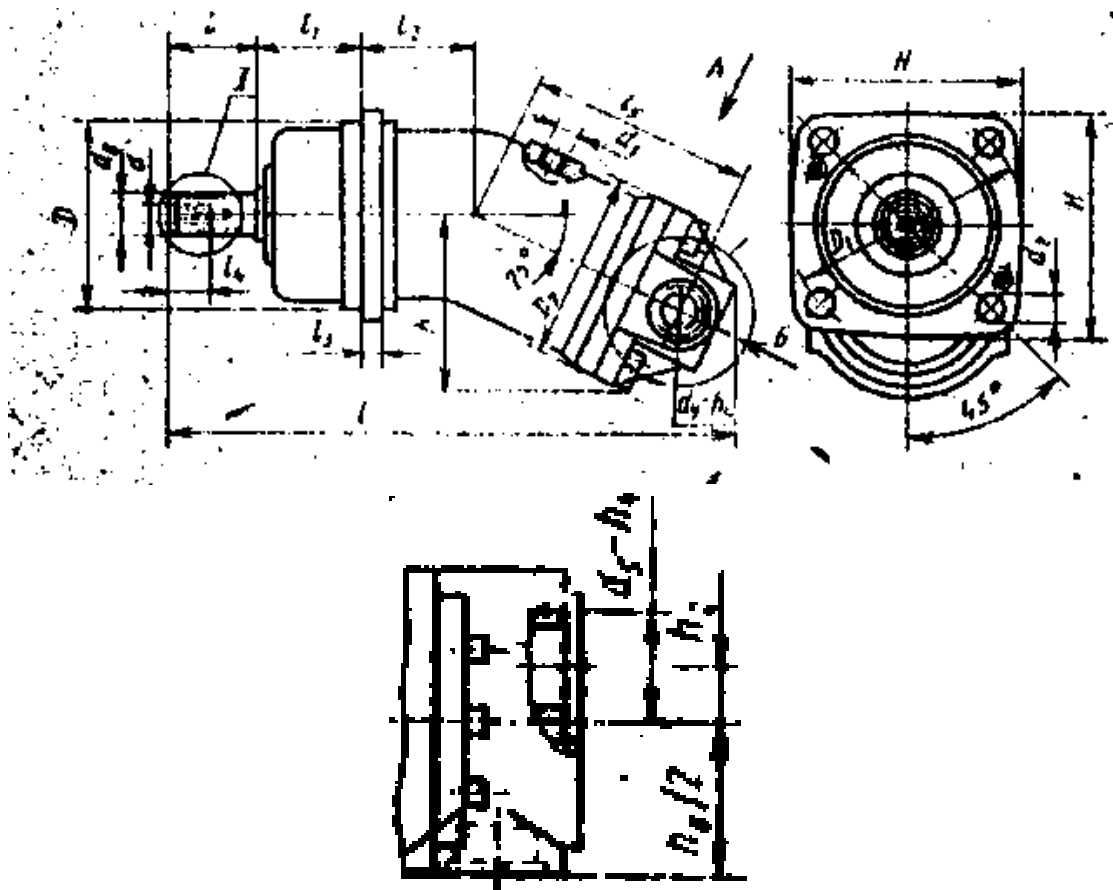


Рисунок 3 – Устройство аксиально-поршневого гидромотора

«При эксплуатации в зимних условиях в качестве гидравлической жидкости предпочтительным является гидравлическое масло ВМГЗ ТУ 38-101479-74 с характеристиками:

- кинематическая вязкость – от 10 до 150 мм<sup>2</sup>/с,
- температура застывания – 60°C,
- температура вспышки – 135°C,
- температура окружающей среды – от минус 40°C до плюс 60°C,
- плотность – 0,855 г/см<sup>3</sup>» [5, 6].

«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°C,
- температура вспышки – 75°C,
- температура окружающей среды – от минус 40°C до плюс 40°C» [5].

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 – 40х25х80 (рисунок 4).

Параметры гидроцилиндров:

- номинальное давление – 16 МПа,
- ход поршня – 80 мм
- толкающее усилие на штоке – 200,9 кН» [5].

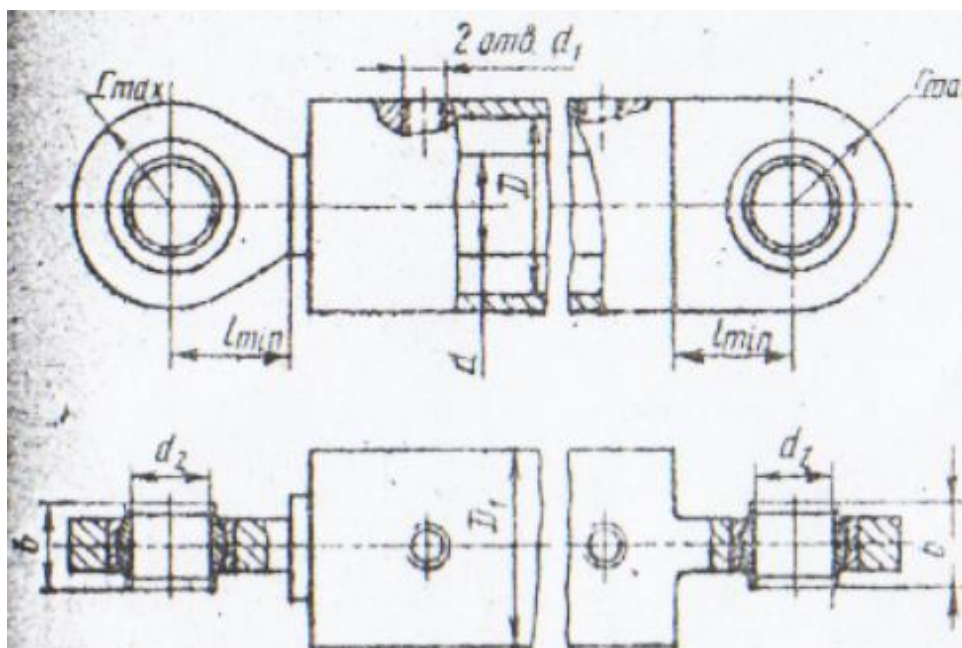


Рисунок 4 – Чертеж гидроцилиндра 1.16.0.У – 40×25×80

«Геометрия подъема рабочего оборудования требует ход поршня гидроцилиндра до 250 мм. Принимаем гидроцилиндр подъема рабочего оборудования 1.16.0.У – 63х28х250 (рисунок 5). Параметры гидроцилиндров [5]:

- номинальное давление – 16 МПа,
- ход поршня – 250 мм,
- тянущее усилие на штоке – 100 кН» [5].

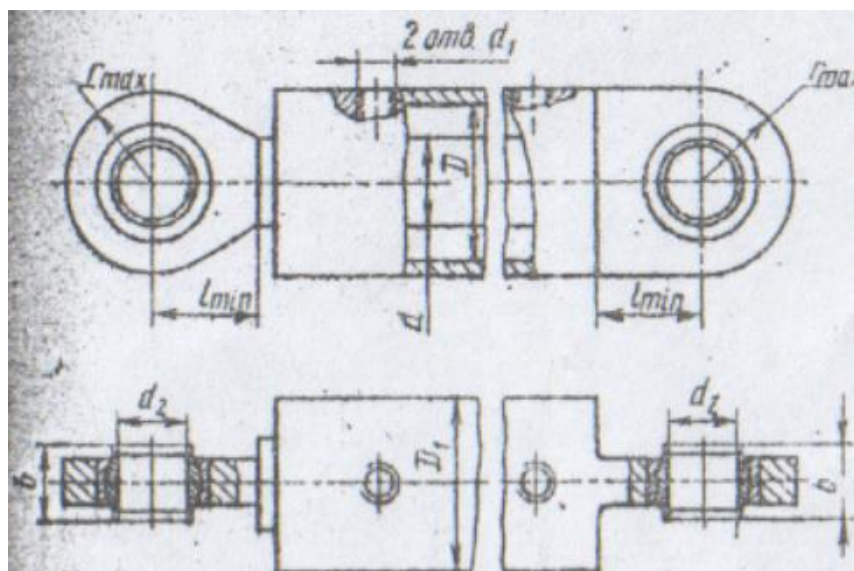


Рисунок 5 – Чертеж гидроцилиндра 1.16.0.Y – 63×28×250

«Геометрия поворота козырька выбросного патрубка требует ход поршня гидроцилиндра до 63 мм. Принимаем гидроцилиндр поворота козырька выбросного патрубка 1.16.0.Y – 40x25x63 (рисунок 6).

Параметры гидроцилиндров:

- номинальное давление 16 МПа,
- ход поршня 63 мм,
- толкающее усилие на штоке 200,9 кН» [5].

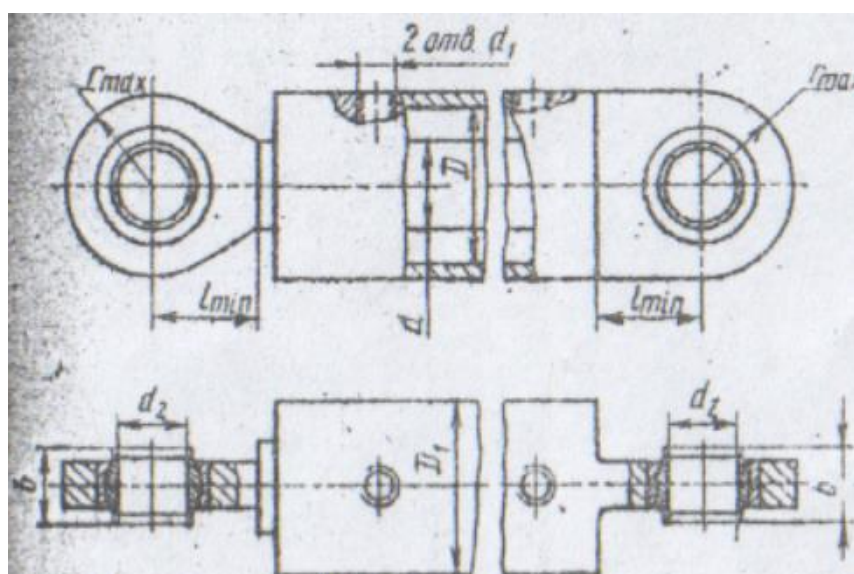


Рисунок 6 – Чертеж гидроцилиндра 1.16.0.Y – 40x25x63

### 3.6 Проектирование элементов навески рабочего оборудования

Проектирование проушины.

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).

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

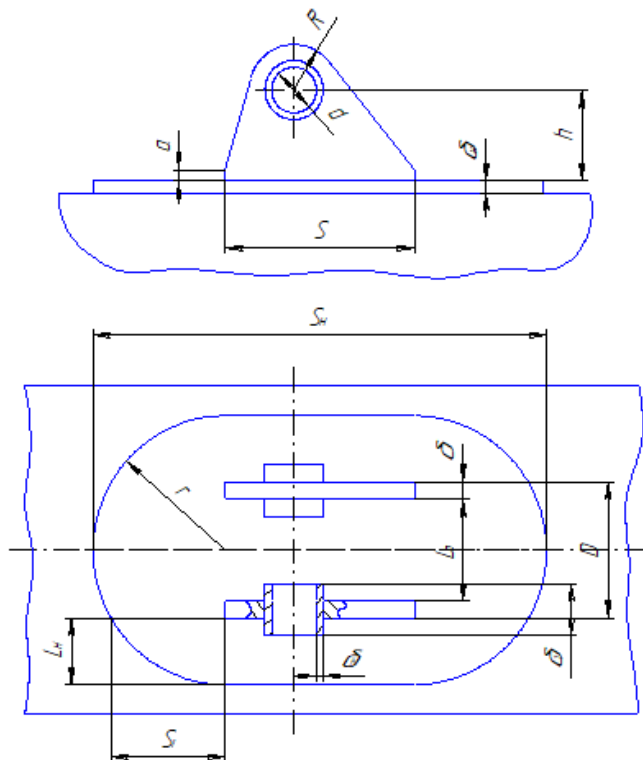


Рисунок 7 – Геометрические размеры проектируемой проушины

$$\begin{aligned}\delta_n &\geq 0,7 \cdot \delta \geq 0,7 \cdot 5 \geq 3,5 \text{ мм}, \\ \delta_g &= 0,7 \cdot d = 0,7 \cdot 20 = 14 \text{ мм},\end{aligned}\tag{42}$$

$$D = L_0 + 2 \cdot \delta = 25 + 2 \cdot 5 = 35 \text{ мм},$$

$$a = 1 \cdot \kappa = 1 \cdot 5 = 5 \text{ мм},$$

$$S_1 = 10 \cdot \delta_h = 10 \cdot 3,5 = 35 \text{ мм},$$

$$L_h = 7 \cdot \delta_h = 7 \cdot 3,5 = 24,5 \text{ мм},$$

$$r = \frac{D}{2} + L_h = \frac{35}{2} + 24,5 = 42 \text{ мм},$$

$$S_h = S + 2 \cdot r = 80 + 2 \cdot 42 = 164 \text{ мм}.$$

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

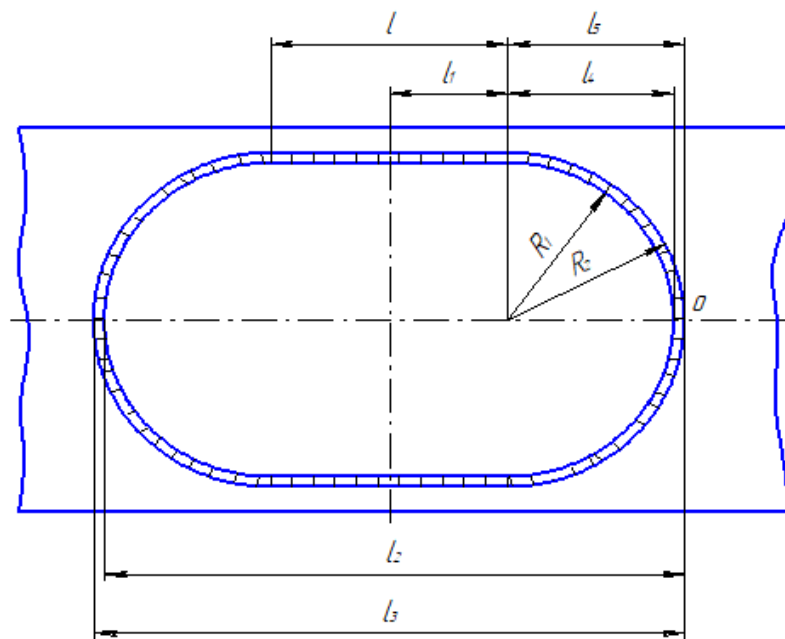


Рисунок 8 – Цилиндрический шарнир

«Должно выполняться условие на отрыв:

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

где  $M$  – отрывающий момент, кН·м;

$Z_{max}$  – длина шва, м;

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

$R_y$  – расчетное сопротивление материала, МПа» [5].

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

Принимаем катет шва равным 5 мм.

Суммарный момент инерции сварного шва:

$$\begin{aligned} I_{\Sigma} &= I_{z1} \cdot 2 + I_{z2} + I_{z3}, \\ I_{z1} &= \frac{k \cdot l^3}{12} + k \cdot l \cdot l_1^2, \\ I_{z1} &= \frac{0,005 \cdot 0,08^3}{12} + 0,005 \cdot 0,08 \cdot 0,04^2 = 0,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4, \\ I_{z2} &= \frac{\pi \cdot d_2^4}{64} \cdot 2 + \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot 2 \cdot l_3^2 - \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \cdot 2 - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot 2 \cdot l_2^2, \\ I_{z2} &= \frac{3,14 \cdot 0,094^4}{64} \cdot 2 + \frac{3,14 \cdot 0,094^2}{4} \cdot 2 \cdot 0,174^2 - \frac{3,14 \cdot 0,084^4}{64} \cdot 2 - \\ &\quad - \frac{3,14 \cdot 0,084^2}{4} \cdot 2 \cdot 0,164^2 = 124,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4, \\ I_{\Sigma} &= 0,9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 + 124,83 \cdot 10^{-6} + 13,88 \cdot 10^{-6} = 140,51 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4, \\ \sigma &= \frac{12,6 \cdot 0,174}{140,51 \cdot 10^{-6}} = 15,6 \text{ МПа} \leq 215 \text{ МПа}. \end{aligned} \tag{44}$$

Условие выполняется.

«На срез должно выполняться условие:

$$\tau = \frac{P}{A} \leq R_y \cdot \kappa_y, \tag{45}$$

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

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

$\kappa_y$  – коэффициент условий работы, 1» [5].

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

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

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

Условие выполняется.

Проектирование узла навески рабочего оборудования на раму трактора.

«Определяем диаметр болтов крепления из условия прочности на срез из справочника Анурьева В.И.:

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

где  $n$  – число болтов, шт

$d$  – диаметр болтов, м

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

$P$  – сила, действующая поперек болтов, кН» [8].

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

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

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» [8].

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

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

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 напряжениям:

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

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» [8].

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

$$7 \text{ МПа} < 290 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

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

На рисунке 9 представлена схема колесного трактора марки МТЗ.

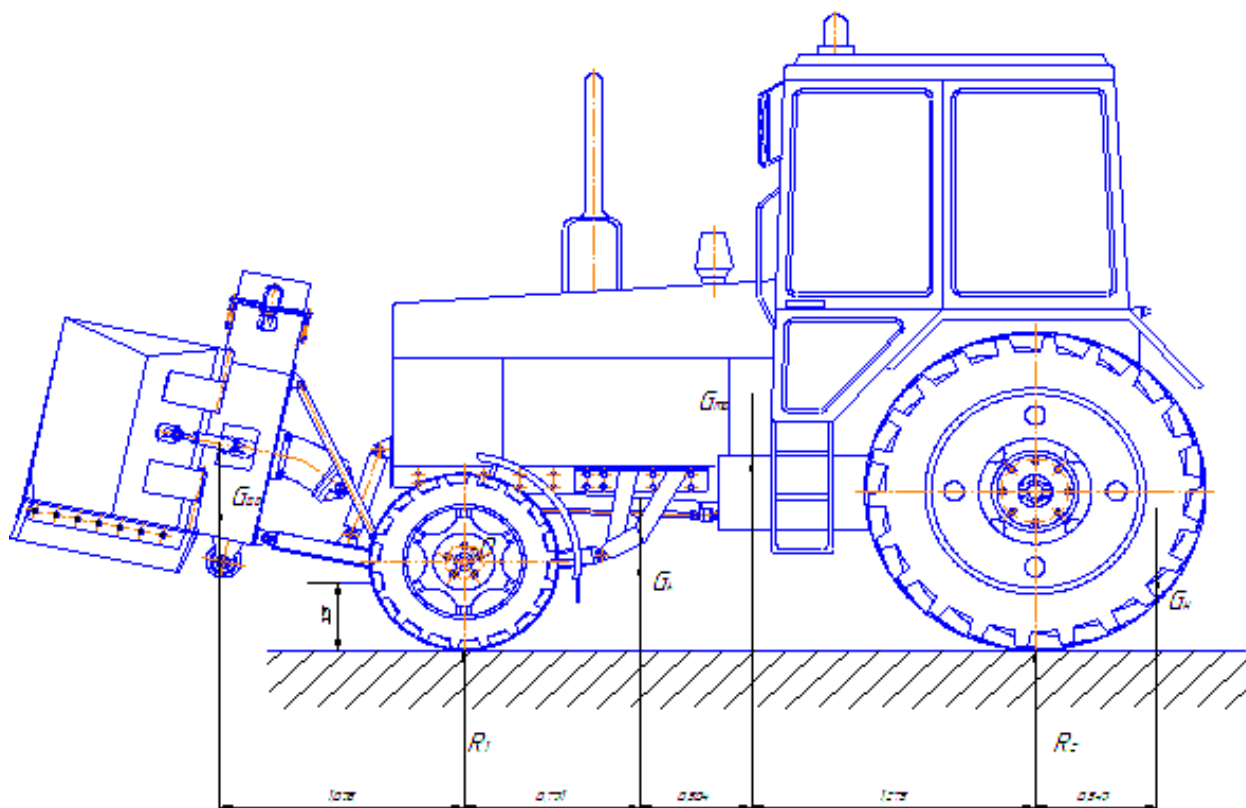


Рисунок 9 – Расчетная схема определения усилий

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

$$M_{оп.} \leq M_{уд.},$$

$$M_1 \leq M_2 + M_3 + M_4, \quad (52)$$

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» [19].

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

$$M_2 = G_{к.} \cdot 0,791 = 0,421 \cdot 0,791 = 0,333 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

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

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

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

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

Условие выполняется.

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

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

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

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

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

$$G_{p.o.} \cdot 1,095 - G_{к.} \cdot 0,791 - G_{mp.} \cdot (0,791 + 0,504) + R_2 \cdot (0,791 + 0,504 + 1,275) - \\ - G_{н.} \cdot (0,791 + 0,504 + 1,275 + 0,549) = 0$$

$$R_2 = \frac{-G_{p.o.} \cdot 1,095 + G_{к.} \cdot 0,791 + G_{mp.} \cdot (0,791 + 0,504) + \\ + G_{н.} \cdot (0,791 + 0,504 + 1,275 + 0,549)}{(0,791 + 0,504 + 1,275)},$$

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

Выводы по разделу.

Данный раздел посвящен подробному рассмотрению конструктивной реализации плунжерно-роторного снегоуборочного агрегата. Выполнены необходимые инженерные расчёты главных параметров роторного узла, обеспечено точное сопоставление мощности двигателя и тягового усилия машины.

Осуществлен подбор эффективного гидравлического оборудования и произведены проверочные расчёты, подтверждающие правильность сделанного выбора. Помимо этого, разработан полный комплект конструкторской документации для навесного оборудования и выполнена проверка устойчивости системы снегоочистителя в рабочем режиме, подтвердившая безопасность и надежность эксплуатации устройства.

## 4 Технологический раздел

«Технологический процесс сборки автомобилей и тракторов представляет собой строго регламентированную последовательность операций по соединению деталей и компонентов» [19].

В ходе данного процесса осуществляется:

- поэтапная интеграция отдельных элементов в функциональные узлы,
- комплексирование механизмов в единую систему,
- формирование готового транспортного средства.

Все операции выполняются в соответствии с:

- техническими спецификациями производителя,
- нормативными требованиями безопасности,
- параметрами качества сборки,
- производственными стандартами предприятия.

Ключевыми характеристиками процесса являются:

- четкая последовательность операций,
- контроль на каждом этапе сборки,
- соблюдение технологических нормативов,
- обеспечение заданных эксплуатационных качеств конечного продукта.

Результатом процесса становится полностью функциональное транспортное средство, соответствующее всем заявленным техническим и эксплуатационным требованиям.

Трудоемкость сборочных работ при производстве автомобилей и тракторов определяется совокупностью следующих ключевых факторов:

- конструктивные особенности: сложность и количество соединяемых узлов; степень унификации деталей; применение модульных принципов сборки;

- технологические аспекты: тип организации производства (конвейерная/позиционная сборка); степень механизации и автоматизации процессов; используемое оборудование и оснастка; требования к точности соединений;
- человеческий фактор: квалификация рабочих; организация рабочих мест; система контроля качества; применение нормативов времени.

Габаритные характеристики изделия являются определяющим параметром при проектировании процесса сборки:

- для крупногабаритных конструкций (корпуса машин, рамы) требуются: подъемно-транспортное оборудование (мостовые краны, тельферы), специализированные сборочные стенды, позиционная организация работ;
- мелкие узлы и компоненты позволяют применять: роботизированные сборочные комплексы, конвейерные линии, высокую степень автоматизации.

#### **4.1 Выбор рациональной организации технологии сборки**

Рациональная организация сборки – это оптимизация процесса сборки изделий для минимизации времени, затрат и трудоёмкости при обеспечении высокого качества.

Основные принципы рациональной организации сборки:

- разделение сборки на узлы и подузлы;
- сборка сложных изделий разбивается на отдельные узлы, которые собираются параллельно, это ускоряет процесс и позволяет специализировать рабочие места;
- поточный метод сборки: организация конвейерных линий с чётким тактом (ритмом) работы. Каждая операция выполняется за фиксированное время на отдельной рабочей позиции;

- механизация и автоматизация: использование сборочных роботов, автоматических линий, пневмо- и электроинструмента;
- внедрение систем ЧПУ (числового программного управления) для точной сборки;
- стандартизация и унификация: применение одинаковых крепёжных элементов, соединений и методов сборки; использование модульных конструкций для упрощения сборки;
- оптимизация трудовых процессов: изучение и устранение лишних движений (методы научной организации труда);
- правильная организация рабочего места (эргономика, доступность инструментов): контроль качества на каждом этапе, встроенный контроль (проверка узлов после каждой операции), использование систем визуализации дефектов (например, контрольные метки, датчики);
- логистика и снабжение: чёткое планирование подачи деталей и комплектующих к месту сборки (система «just-in-time»); минимизация простоев из-за нехватки материалов.

Методы оптимизации сборки:

- метод групповой сборки – одновременная сборка однотипных изделий;
- комплекточные тележки/контейнеры – предварительная подготовка деталей для каждой операции;
- использование CAD/CAM-систем – цифровое моделирование сборки для выявления ошибок до производства.

Учитывая ограниченный спрос на оборудование для очистки снега плужно-роторного типа, наиболее эффективным решением станет организация сборки по мелкосерийному принципу.

Такой подход позволит:

- минимизировать издержки за счёт гибкости производства,
- избежать избыточных запасов комплектующих,

- адаптировать процесс под индивидуальные требования заказчиков.

В отличие от массового выпуска, мелкосерийная сборка обеспечит экономическую целесообразность при небольшом количестве заказов.

В условиях мелкосерийного выпуска применяется стационарная непоточная сборка, при которой процесс делится на два ключевых этапа:

- узловая сборка – формирование отдельных компонентов конструкции;
- общая сборка – компоновка готовых узлов в конечное изделие.

Работы выполняются специализированными бригадами, что обеспечивает:

- гибкость производственного процесса,
- эффективное использование квалификации персонала,
- возможность параллельного выполнения операций.

«Для определения такта выпуска продукции используем формулу:

$$T_d = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (53)$$

где  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованных стендах;

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 100 шт.

$$T_L = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{100} = 1242 \text{ ч.}$$

Такой подход позволяет оптимизировать затраты при ограниченных объемах производства.

После завершения проектирования разрабатывается технологическая карта сборки, включающая:

- графическую схему последовательности операций,
- детальное описание всех сборочных этапов» [14].

Данный подход обеспечивает:

- четкую стандартизацию производственных этапов,
- контроль трудоемкости операций,
- минимизацию технологических простоев.

Спецификация операций узловой и общей сборки оборудования для очистки снега плужно-роторного типа приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций с указанием трудоемкости и необходимого оборудования технологического процесса сборки оборудования для очистки снега плужно-роторного типа

| Содержание основных и вспомогательных переходов                                  | Технические требования                                                     | Время, мин |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| Взять толкающую раму                                                             | Рама должна быть без деформаций, коррозии и повреждений                    | 0,5        |
| Осмотреть толкающую раму                                                         | Проверить целостность сварных швов и отсутствие трещин                     | 0,2        |
| Взять подкос (2 шт.)                                                             | Подкосы должны быть прямыми, без изгибов и дефектов                        | 0,5        |
| Осмотреть подкос                                                                 | Убедиться в отсутствии трещин и коррозии                                   | 0,2        |
| Взять палец (2 шт.)                                                              | Пальцы должны соответствовать размерам, без следов износа                  | 0,3        |
| Осмотреть палец                                                                  | Проверить гладкость поверхности и отсутствие деформаций                    | 0,2        |
| Взять кольцо пружинное наружное (4 шт.)                                          | Кольца должны быть упругими, без разрывов                                  | 0,3        |
| Осмотреть кольцо пружинное наружное                                              | Убедиться в отсутствии повреждений и коррозии                              | 0,2        |
| Соединить подкос с толкающей рамой при помощи пальцев и колец пружинных наружных | Соединение должно быть плотным, без люфтов; зафиксировать кольца до щелчка | 6          |
| Взять кожух ротора                                                               | Кожух должен быть чистым, без вмятин и трещин                              | 0,3        |
| «Осмотреть кожух ротора                                                          | Проверить герметичность и отсутствие повреждений                           | 0,2        |
| Взять гидромотор 210.32.11.00                                                    | Гидромотор должен быть исправен, без утечек масла                          | 0,3» [1].  |
| Осмотреть гидромотор 210.32.11.00                                                | Проверить состояние уплотнений и крепежных элементов                       | 0,2        |

Продолжение таблицы 2

| Содержание основных и вспомогательных переходов                                                   | Технические требования                                           | Время, мин |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|
| Взять болт М20 (4 шт.), шайбу пружинную (4 шт.), гайку М20 (4 шт.)                                | Крепежные элементы должны соответствовать размерам, без дефектов | 0,2        |
| Установить гидромотор 210.32.11.00 на кожух ротора                                                | Закрепить болтами с моментом затяжки согласно спецификации       | 6          |
| Взять ротор                                                                                       | Ротор должен быть сбалансирован, без повреждений лопастей        | 0,3        |
| «Осмотреть ротор                                                                                  | Проверить целостность лопастей и посадочных мест                 | 0,1        |
| Взять болт М16, шайбу 7019-0645, штифт 5×16                                                       | Крепеж должен быть без дефектов, штифт – без изгибов             | 0,3        |
| Установить ротор на вал гидромотора 210.32.11.00                                                  | Обеспечить соосность и надежную фиксацию штифтом.                | 6» [1].    |
| Взять палец (2 шт.)                                                                               | Пальцы должны быть чистыми, без заусенцев                        | 0,3        |
| Осмотреть палец                                                                                   | Проверить диаметр и отсутствие деформаций                        | 0,2        |
| Взять кольцо пружинное наружное (2 шт.)                                                           | Кольца должны быть упругими, без разрывов                        | 0,3        |
| Установить ротор в сборе на толкающую раму и подкос при помощи пальцев и колец пружинных наружных | Фиксация должна быть надежной, без люфтов                        | 1          |
| Взять колесо опорное                                                                              | Колесо должно быть без трещин, проверить подшипники              | 0,2        |
| «Осмотреть колесо опорное                                                                         | Убедиться в плавности вращения                                   | 0,2        |
| Установить колесо опорное на корпусе ротора                                                       | Закрепить с соблюдением зазоров и центровки                      | 6          |
| Взять гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63                                                                | Цилиндр должен быть без утечек, шток – без повреждений           | 0,3        |
| Осмотреть гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63                                                            | Проверить состояние уплотнений и крепежных элементов, ход штока  | 0,2        |
| Взять гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×80                                                                | Цилиндр должен быть без утечек, шток – без повреждений           | 0,3» [1].  |
| Осмотреть гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×80                                                            | Проверить состояние уплотнений и крепежных элементов, ход штока  | 0,2        |
| Взять отвал боковой                                                                               | Отвал должен быть без деформаций и трещин                        | 1          |
| Осмотреть отвал боковой                                                                           | Проверить кромку на износ и целостность                          | 3          |
| Взять палец (4 шт.)                                                                               | Пальцы должны соответствовать размерам, без дефектов             | 0,3        |
| Осмотреть палец                                                                                   | Убедиться в отсутствии коррозии и повреждений                    | 0,2        |

Продолжение таблицы 2

| Содержание основных и вспомогательных переходов                                                                        | Технические требования                                                       | Время, мин |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Взять кольцо пружинное наружное (7 шт.)                                                                                | Кольца должны быть упругими, без разрывов                                    | 0,3        |
| Закрепить гидроцилиндр 116.ОУ-40×20×63, 116.ОУ-40×20×80 на кожухе ротора при помощи пальцев и колец пружинных наружных | Обеспечить надежную фиксацию и свободный ход штоков                          | 10         |
| Взять патрубок выносной                                                                                                | Патрубок должен быть без трещин и засоров                                    | 0,5        |
| Осмотреть патрубок выносной                                                                                            | Проверить герметичность соединений                                           | 0,6        |
| Взять палец (2 шт.)                                                                                                    | Пальцы должны быть без деформаций                                            | 0,3        |
| Осмотреть палец                                                                                                        | Проверить соответствие размеров                                              | 0,2        |
| Взять кольцо пружинное наружное (4 шт.)                                                                                | Кольца должны быть упругими, без повреждений                                 | 0,3        |
| Установить патрубок выносной на корпус ротора при помощи пальцев и колец пружинных наружных                            | Обеспечить герметичность и надежное крепление                                | 6          |
| Проверить работоспособность навесного плужно-роторного снегоочистителя для трактора                                    | Провести тест на всех режимах работы, проверить отсутствие вибраций и утечек | 60         |
| Устранить выявленные замечания                                                                                         | Исправить все несоответствия и повторно проверить                            | 30         |
| Итого:                                                                                                                 |                                                                              | 144,2      |

Для оптимизации производственного графика выполним расчет суммарной продолжительности всех технологических операций по формуле:

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

Методика расчета основана на суммировании нормированного времени по всем позициям технологической карты с применением поправочных коэффициентов.

Полученные данные позволяют точно планировать производственные мощности и загрузку оборудования.

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

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

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].

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

Суммарная трудоемкость сборки изделия принимаем равным 156 мин.

#### 4.2 Проектирование технологического процесса сборки оборудования для очистки снега плужно-роторного типа

Формируем поэтапную последовательность монтажных работ, фиксируем необходимый инструмент и оснастку для каждой операции, далее рассчитываем нормативное время выполнения и сводим всё в таблицу 3.

Таблица 3 – Технологический процесс сборки оборудования

| Номер операции | Наименование операции | Номер позиции | Содержание операции, перехода           | Оборудование, инструмент, приспособление                                                                                                               | Время, мин. |
|----------------|-----------------------|---------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| «005           | Сборочная             | 1             | Взять толкающую раму                    | Сборочный стенд, подъемно-транспортное оборудование (тельфер, кран-балка), гидравлический стенд, контрольно-измерительный стенд, гаечные ключи (на 16, | 54,2        |
|                |                       | 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     |                                                                                                                                                        |             |

Продолжение таблицы 3

| Номер операции | Наименование операции | Номер позиции | Содержание операции, перехода                                                                     | Оборудование, инструмент, приспособление                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Время , мин. |
|----------------|-----------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|                |                       | 9             | Соединить подкос с толкающей рамой при помощи пальцев и колец пружинных наружных                  | 20 мм, динамометрический ключ для затяжки болтов), шестигранники, молоток слесарный, клещи для стопорных колец, отвертки (плоская, крестовая), напильник, струбины, оправки, кондуктор для сборки, стенд для проверки герметичности, смазка (литол, графитовая смазка для пальцев и подшипников), герметик (для уплотнения соединений), обезжириватель, ветошь |              |
|                |                       | 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 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» [15].                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |

Продолжение таблицы 3

| Номер операции | Наименование операции | Номер позиции | Содержание операции, перехода                                                                                          | Оборудование, инструмент, приспособление | Время , мин. |
|----------------|-----------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|
|                |                       | «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                                                                                                        |                                          |              |
|                |                       | 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» [15]. | 90           |
|                |                       | 2             | Устранить выявленные замечания                                                                                         |                                          |              |

Дополнительные требования при сборке и испытаниях.

Перед сборкой все детали должны быть очищены от загрязнений, стружки и остатков смазки. Обезжирить посадочные поверхности (пальцы, валы, отверстия под подшипники). Проверить отсутствие заусенцев и дефектов на ответственных поверхностях. Болты и гайки затягивать крестообразно (для равномерного прилегания). Использовать динамометрический ключ с усилием, указанным в технической документации. После первой затяжки провести контрольную подтяжку через 30 минут работы. Все подвижные соединения (пальцы, подшипники, штоки гидроцилиндров) смазать морозостойкой смазкой.

Резьбовые соединения обработать фиксатором резьбы (при необходимости). После сборки нанести антикоррозийное покрытие на незащищенные металлические поверхности. Проверить соосность вала гидромотора и ротора (допуск биения – не более 0,1 мм). Убедиться, что лопасти ротора не задевают кожух (зазор 3–5 мм).

Проверить параллельность установки опорного колеса относительно рамы.

Предварительная проверка:

- провести визуальный осмотр всех узлов на отсутствие незатянутых болтов, перекосов и повреждений.
- проверить герметичность гидросистемы (нет ли подтеканий масла в соединениях).

Холодная обкатка (без нагрузки):

- запустить гидромотор на минимальных оборотах (5–10 мин), проверить: плавность вращения ротора, отсутствие вибраций и посторонних шумов.
- проверить работу гидроцилиндров (ход должен быть плавным, без заеданий).

Испытания под нагрузкой:

- провести тестовую очистку снега на ровной поверхности.

- проверить: работоспособность регулировки угла отвала, надежность фиксации ротора при ударе о препятствие, отсутствие перегрева гидромотора ( $t \leq 70^{\circ}\text{C}$ ).
- после 30 минут работы остановить машину и проверить все соединения на ослабление.

Финальный контроль:

- провести дефектовку (осмотр на трещины, деформации);
- убедиться, что все стопорные кольца и шплинты остались на месте;
- оформить акт испытаний с указанием всех параметров.

Графическая часть выпускной квалификационной работы включает технологическую схему сборки оборудования для очистки снега плужно-роторного типа

Выводы по разделу.

В данном разделе проведено обоснование выбранного технологического процесса, рассчитана трудоемкость сборки, а также разработан и визуализирован в графической части ВКР технологический процесс сборки оборудования для очистки снега плужно-роторного типа.

## 5 Безопасность и экологичность проекта

Автомобилестроение – сложная отрасль с многоэтапным производственным циклом, требующая комплексного подхода к вопросам безопасности.

Согласно данным Международной организации труда (ILO):

- ежегодно происходит 2,78 миллионов смертей из-за профессиональных заболеваний;
- 374 миллиона несчастных случаев на производстве с потерей трудоспособности;
- экономические потери достигают 3,94% мирового ВВП.

Структура отраслевых рисков:

- травмы при работе с прессами (42% случаев),
- отравления парами красок (23%),
- поражения током (15%),
- падения с высоты (12%).

В таблице 4 представлен сравнительный анализ по странам (в % от ВВП).

Таблица 4 – Сравнительный анализ затрат на несчастные случаи (% ВВП) по странам

| Страна   | Затраты (% ВВП) | Особенности регулирования                                |
|----------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| Германия | 2,8-3,2%        | Система обязательного страхования Berufsgenossenschaften |
| США      | 3,1-3,5%        | Workers' compensation и судебные иски                    |
| Япония   | 2,6-2,9%        | Пожизненные компенсации при профзаболеваниях             |
| Россия   | 3,5-4,1%        | Высокий уровень скрытого травматизма                     |
| Бразилия | 4,2-4,8%        | Неформальный сектор до 35% занятости                     |

Типичные затраты на 1 тяжелый несчастный случай составляют:

- Европа: 250000-400000 евро;
- США: 500000-1200000 долларов (с учетом судебных исков);
- Китай: 800000-1500000 йен.

В дипломном проекте необходимо учитывать специфические риски и современные тенденции отрасли.

Рассмотрим особенности производственной и экологической безопасности в автомобилестроении.

Технологические риски:

- работа с прессовым оборудованием (риск травматизма),
- сварочные операции (опасность возгораний, поражения током),
- окрасочные работы (взрывоопасность, токсичные испарения),
- конвейерные линии (движущиеся механизмы).

К мерам обеспечения безопасности относится:

- автоматизация опасных процессов (роботизированная сварка и покраска; автоматические прессы с оптической защитой; конвейеры с датчиками присутствия персонала);
- системы контроля (мониторинг концентрации ЛВЖ в окрасочных цехах; термоконтроль электрооборудования; видеонаблюдение за опасными зонами);
- защита персонала (специальные СИЗ для разных участков (термостойкая одежда для сварщиков, респираторы для маляров); антистатические комплекты для работы с электроникой; системы принудительной вентиляции).

Основные источники воздействия на экологическую безопасность:

- выбросы лакокрасочных материалов,
- сточные воды гальванических производств,
- отходы полимерных материалов,
- шумовое воздействие испытательных стендов.

Таким образом, современное автомобилестроение требует интегрированного подхода к безопасности, сочетающего технические инновации, экологическую ответственность и экономическую эффективность.

В долгосрочной перспективе каждый рубль, вложенный в профилактику профессиональных рисков, приносит предприятию ориентировочно 3-5 рублей совокупной выгоды за счет синергетического эффекта от улучшения всех ключевых показателей деятельности.

## 5.1 Структурно-функциональный анализ

Для детального исследования сборочного цикла, либо технологического процесса обслуживания, включая его конструктивные параметры и организационно-технические условия, необходимо разработать технологический паспорт (таблица 5).

Таблица 5 – Технологический паспорт технологического процесса сборки оборудования для очистки снега плужно-роторного типа

| Технологический процесс                                     | Технологическая операция, вид выполняемых работ                                                                                                                        | Наименование должности работника, выполняющего работу | Оборудование, техническое устройство, приспособление                                                                                                                                                                                                                                                  | Материалы, вещества                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сборка оборудования для очистки снега плужно-роторного типа | 1 Подготовка рамы.<br>2 Сборка роторного узла.<br>3 Монтаж опорного колеса.<br>4 Установка гидроцилиндров и отвала.<br>5 Подключение патрубка.<br>6 Финальная проверка | Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда         | Сборочный стенд, подъемно-транспортное оборудование (тельфер, кран-балка), гидравлический стенд, контрольно-измерительный стенд, гаечные ключи (на 16, 20 мм, динамометрический ключ для затяжки болтов), шестигранники, молоток слесарный, клещи для стопорных колец, отвертки (плоская, крестовая), | Смазки (литол, графитовая смазка для пальцев и подшипников), герметик (для уплотнения соединений), обезжириватель, ветошь |

Продолжение таблицы 5

| Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника, выполняющего работу | Оборудование, техническое устройство, приспособление                                 | Материалы, вещества |
|-------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|                         |                                                 |                                                       | напильник, струбины, оправки, кондуктор для сборки, стенд для проверки герметичности |                     |

Данный документ является обязательным требованием для:

- технически сложных изделий,
- продукции, подлежащей обязательной сертификации,
- оборудования с повышенными требованиями безопасности.

Функциональное назначение технологического паспорта:

- систематизация производственных данных – фиксация ключевых параметров сборки;
- обеспечение контроля качества – регламентация технологических норм и допусков;
- оптимизация технического обслуживания – упрощение диагностики и ремонта;
- повышение безопасности эксплуатации – четкие инструкции по монтажу и обслуживанию

Преимущества оформления паспорта:

- упрощение процедур сертификации и аудита,
- снижение рисков производственного брака,
- повышение прозрачности технологических процессов,
- обеспечение соответствия международным стандартам (ISO, ГОСТ, ТР ТС).

Таким образом, технологический паспорт служит не только формальным требованием, но и практическим инструментом управления качеством на всех этапах жизненного цикла изделия.

## **5.2 Идентификация профессиональных рисков**

Комплексная оценка производственных угроз является ключевым элементом системы охраны труда, направленной на сохранение здоровья персонала и устойчивую работу предприятия.

Реализация данного процесса требует последовательного выполнения четырех взаимосвязанных этапов:

- выявление потенциальных угроз: комплексное обследование рабочих мест на предмет наличия физических факторов (шум, вибрация, излучение), химических агентов (токсичные вещества, аэрозоли), биологических опасностей (микроорганизмы, аллергены), психофизиологических нагрузок (стресс, монотонность операций), эргономических проблем (неудобные позы, чрезмерные нагрузки);
- количественная и качественная оценка угроз: расчет вероятности возникновения опасных ситуаций; прогнозирование возможного ущерба здоровью сотрудников; ранжирование рисков по степени значимости;
- разработка защитных мер: внедрение многоуровневой системы защиты, включающей технические усовершенствования (модернизация оборудования); организационные изменения (оптимизация рабочих процессов); средства индивидуальной защиты; целевые программы обучения персонала; периодические контрольные проверки;

- динамический контроль и совершенствование: регулярный аудит условий труда; анализ эффективности принятых мер; своевременная корректировка защитных мероприятий.

Практическая значимость систематической оценки производственных рисков заключается в:

- создании безопасной рабочей среды,
- предупреждении профессиональных заболеваний,
- снижении экономических потерь от несчастных случаев,
- повышении производственной дисциплины,
- обеспечении соответствия требованиям регуляторных органов.

Реализация данного подхода позволяет трансформировать систему охраны труда из формального требования в действенный инструмент повышения эффективности производства.

В представленной таблице 6 систематизированы данные по выявленным профессиональным рискам, характерным для процесса.

Таблица 6 – Результаты идентификации профессиональных рисков

| Операция                                                                                                                                                               | ОиВПФ<br>в соответствии с ГОСТ<br>«Опасные и вредные<br>производственные<br>факторы.<br>Классификация» | Источник<br>возникновения<br>ОиВПФ                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 Подготовка рамы.<br>2 Сборка роторного узла.<br>3 Монтаж опорного колеса.<br>4 Установка гидроцилиндров и отвала.<br>5 Подключение патрубка.<br>6 Финальная проверка | «Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей трактора, навесного оборудования      | Элементы конструкции базовой машины                    |
|                                                                                                                                                                        | Запыленность и загазованность воздуха                                                                  | Поднимающаяся пыль от инструмента, ног» [10].          |
|                                                                                                                                                                        | «Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования                                           | Элементы конструкции базовой машины                    |
|                                                                                                                                                                        | Возможность поражения электрическим током                                                              | Инструмент в зоне проведения технического обслуживания |

Продолжение таблицы 6

| Операция | ОиВПФ<br>в соответствии с ГОСТ<br>«Опасные и вредные<br>производственные<br>факторы.<br>Классификация» | Источник<br>возникновения<br>ОиВПФ                                                                            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | Отсутствие или недостаток естественного света                                                          | Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [12]. |
|          | «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                                                               |                                                                                                               |
|          | Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования                                            | Элементы конструкции базовой машины, навесного оборудования» [12].                                            |
|          | «Возможность поражения электрическим током                                                             | Инструмент в зоне проведения технического обслуживания                                                        |
|          | Отсутствие или недостаток естественного света                                                          | Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [12]. |
|          | «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                                                               |                                                                                                               |

Оценка рисков проведена по методике ГОСТ 12.0.230-2007. Таблица позволяет наглядно сопоставить технологические операции с

соответствующими рисками и разработать комплекс профилактических мероприятий для минимизации профессиональных заболеваний и травматизма.

### **5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Для эффективного снижения профессиональных рисков применяется комплекс технических, организационных и индивидуальных мер.

Технические решения:

- автоматизация опасных процессов (роботизированные линии),
- установка защитных ограждений и блокировок,
- внедрение систем принудительной вентиляции,
- использование инструментов с антивибрационными свойствами.

Организационные мероприятия:

- оптимизация режимов труда и отдыха,
- введение ротации персонала на вредных участках,
- разработка четких регламентов безопасной работы,
- организация производственного контроля.

Средства индивидуальной защиты:

- специализированные костюмы (термостойкие, химически стойкие),
- антистатические комплекты,
- респираторы с многоуровневой фильтрацией,
- защитные каски с системой вентиляции.

Инженерные разработки:

- системы дистанционного управления,
- датчики контроля опасных факторов,
- аварийные остановки оборудования,
- звуковая и световая сигнализация.

Профилактические программы:

- медицинские осмотры,
- специальная оценка условий труда,
- тренинги по безопасности,
- психологическая поддержка.

Особое внимание уделяется:

- внедрению цифровых систем мониторинга,
- использованию эргономичного инструмента,
- применению экологичных материалов,
- совершенствованию технологических процессов.

Реализация данных мер позволяет:

- снизить уровень травматизма на 40-60%,
- уменьшить профзаболеваемость,
- повысить производительность труда,
- обеспечить соответствие международным стандартам.

Эффективность применяемых методов регулярно оценивается через:

- анализ показателей травматизма,
- медицинскую статистику,
- результаты специальной оценки условий труда,
- опросы сотрудников.

Для эффективного решения обозначенных проблем необходимо:

- применять нормативно-обоснованные меры,
- реализовывать адресные мероприятия,
- обеспечивать системный контроль.

Нормативно-обоснованные меры по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 7.

Таблица 7 – 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:<br>– инструктажи по охране труда;<br>– 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.<br>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.<br>Санитарно-гигиенические мероприятия:<br>– обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами;<br>– предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования;<br>– знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015;<br>– обеспечение дистанционного управления оборудованием                                                                         | Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12]. |
| «Повышенный уровень шума»                                            | Мониторинг здоровья работников:<br>– систематическое проведение аудиометрии для сотрудников шумных цехов;<br>– создание индивидуальных аудиограмм для отслеживания динамики слуха;<br>– включение исследований в программу периодических медосмотров.<br>Инструктаж по:<br>– правилам эксплуатации СИЗ органов слуха;<br>– технике подбора и применения противошумных устройств;<br>– методам проверки плотности прилегания защитных средств.<br>Техническая модернизация:<br>– плановый контроль уровня шума оборудования внедрение шумопонижающих технологий | Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].                                                                  |

Продолжение таблицы 7

| Профессиональный риск                      | Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Средства индивидуальной защиты                                                            |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– (вибрационные демпферы, звукоизолирующие кожухи, акустические экраны);</li> <li>– приоритетная замена устаревшего шумного оборудования.</li> </ul> <p>Организация рабочего процесса:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– введение регламентированных «тихих пауз»;</li> <li>– создание зон акустической разгрузки;</li> <li>– оптимизация графика работы с учетом шумовой нагрузки.</li> </ul> <p>Тренинги по:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– техникам стрессоустойчивости;</li> <li>– методам звуковой релаксации;</li> <li>– профилактике слухового утомления.</li> </ul> <p>Консультации корпоративного психолога.</p> <p>Инженерные решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– установка звукопоглощающих панелей;</li> <li>– применение антивибрационных креплений;</li> <li>– модернизация вентиляционных систем;</li> <li>– использование шумоподавляющих материалов</li> </ul> |                                                                                           |
| «Возможность поражения электрическим током | <p>Образовательные мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение специализированных курсов по принципам безопасной эксплуатации электроустановок, методам идентификации опасных участков, правилам применения электрозащитных средств;</li> <li>– организация регулярных тематических семинаров с разбором реальных случаев</li> </ul> <p>Практическая подготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ежеквартальные тренировки по алгоритмам действий в аварийных ситуациях, технике безопасного отключения</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12]. |

Продолжение таблицы 7

| Профессиональный риск                         | Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Средства индивидуальной защиты |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                               | <p>оборудования, особенностям работы под напряжением;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– внедрение системы ежегодной аттестации электротехнического персонала</li> </ul> <p>Техническая защита:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– оснащение рабочих мест современными устройствами защитного отключения, диэлектрическими коврами и инструментами, сигнализаторами напряжения, заземляющими устройствами нового поколения.</li> </ul> <p>Профилактический контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– внедрение системы планово-предупредительных ремонтов:</li> <li>– ежемесячный осмотр силовых линий,</li> <li>– термографический контроль соединений,</li> <li>– диагностика изоляции электрооборудования;</li> <li>– ведение электронного журнала технического состояния.</li> </ul> <p>Административный надзор:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– реализация трехступенчатой системы контроля,</li> <li>– ежедневный осмотр ответственным лицом,</li> <li>– еженедельная проверка начальником участка,</li> <li>– месячная комиссионная инспекция,</li> <li>– автоматизированная система учета нарушений</li> </ul> <p>Медицинское сопровождение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– углубленные медосмотры для электротехперсонала:</li> <li>– проверка нервной системы</li> <li>– контроль сердечно-сосудистых показателей, тесты на скорость</li> </ul> |                                |
| Отсутствие или недостаток естественного света | Оптимальное расположение рабочих мест с акцентом на естественный свет (размещение столов и зон активности рядом с окнами или в хорошо освещённых                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | —                              |

Продолжение таблицы 7

| Профессиональный риск                                                                | Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Средства индивидуальной защиты |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                                                                      | участках).<br>Использование прозрачных конструкций для свободного проникновения дневного света (стеклянные перегородки, светопропускающие стены или другие решения, обеспечивающие равномерное освещение без искусственных источников)                                                                                                                                                                                                                                                       |                                |
| «Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой | Оздоровительно-профилактические мероприятия:<br>– медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;<br>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;<br>– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [21]. | —                              |
| «Монотонность труда                                                                  | – чередование задач и ротация видов деятельности, периодическая смена рабочих операций для предотвращения однообразия и поддержания вовлеченности;<br>– внедрение элементов автономности и разнообразия, предоставление сотрудникам возможности влиять на порядок выполнения задач и варьировать методы работы;<br>– регламентированные перерывы и микропаузы, введение коротких перерывов для отдыха и смены активности в течение рабочего дня;<br>– использование технологических          | —                              |

## Продолжение таблицы 7

| Профессиональный риск | Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Средства индивидуальной защиты |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                       | <p>решений, автоматизация рутинных процессов и применение интерактивных систем для повышения вариативности труда;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– психологическая разгрузка и мотивация, организация зон отдыха, проведение мини-тренингов или использование геймификации для поддержания интереса;</li> <li>– оптимизация эргономики рабочего места, создание комфортных условий, снижающих физическое и эмоциональное напряжение (например, регулируемая мебель, динамическое освещение).</li> </ul> <p>Мероприятия подбираются с учетом специфики труда и рекомендаций по охране здоровья (СНиП, СанПиН, ТК РФ).</p> |                                |

Данный подход гарантирует не только формальное соблюдение требований охраны труда, но и создание по-настоящему безопасной производственной среды. Все мероприятия должны быть задокументированы и включены в систему управления охраной труда предприятия.

### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – это документ, регламентирующий порядок действий при пожаре, эвакуации людей и материальных ценностей, а также меры по предотвращению возгораний.

Этот план должен быть доступен всем сотрудникам и регулярно пересматриваться.

План пожарной безопасности содержит:

- ответственных за пожарную безопасность;
- профилактику (проверки оборудования, хранение материалов);
- порядок действий при пожаре: оповещение (сигнализация, вызов МЧС); эвакуация (схемы путей, сборные пункты); тушение (огнетушители, пожарные краны);
- проверки и обновления (регулярные тренировки, корректировка плана).

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 8).

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| Участок         | Оборудование                                        | Класс пожара | Опасные факторы пожара                                                                                                                | Сопутствующие проявления факторов пожара                                                                                                               |
|-----------------|-----------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «Участок сборки | 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» [17]. |

Классификация пожарной техники (по ГОСТ Р 53325-2012 и нормам МЧС) включает следующие основные категории:

- первичные средства пожаротушения: огнетушители (пенные, порошковые, углекислотные, хладоновые); пожарные щиты и инвентарь (вёдра, лопаты, ящики с песком, кошмы (противопожарные полотна), багры, топоры, ломы);
- пожарные автомобили: основные (АЦ – автоцистерны, АНР – насосно-рукавные); специальные (автолестницы, дымоудаление, аварийно-спасательные);
- пожарные поезда, суда, вертолёт (для спецобъектов);

- мотопомпы (переносные насосы для воды);
- установки пожаротушения: автоматические системы (водяные (спринклерные, дренчерные), газовые, порошковые, аэрозольные);
- пожарные краны и рукава (в зданиях);
- пожарная сигнализация и связь (извещатели (дымовые, тепловые, ручные);
- приёмно-контрольные приборы (ПКП);
- системы оповещения (громкоговорители, световые табло);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) для пожарных: костюмы, каски, дыхательные аппараты (ДАСВ), теплоотражающие экраны; для эвакуируемых: противогазы, самоспасатели (например, «Феникс»);
- специальная техника: роботы-пожарные (для АЭС, химических объектов); термокамеры и тепловизоры для поиска очагов.

«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 – 1 шт.;
- 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» [16].

Разработка планов действий по пожарной безопасности – обязательная процедура для организаций, зданий и сооружений, регламентированная ФЗ №69 «О пожарной безопасности» и Правилами противопожарного режима в РФ.

Цели разработки планов:

- предотвращение пожаров (профилактика нарушений);
- обеспечение безопасности людей (эвакуация, первая помощь);
- минимизация ущерба (быстрое тушение, защита имущества);
- соответствие закону (избежание штрафов и приостановки деятельности).

Рассмотрим основные виды планов по пожарной безопасности.

План эвакуации при пожаре состоит из графической части (схема путей эвакуации, выходы, места огнетушителей) и текстовой инструкции (действия персонала, вызов МЧС, порядок отключения оборудования).

Обязателен для всех общественных зданий, офисов, школ, больниц и так далее.

Инструкция о мерах пожарной безопасности включает в себя Правила содержания территории, электрооборудования, хранения ЛВЖ (легковоспламеняющихся жидкостей), порядок проведения огневых работ, ответственных лиц и их обязанности.

План противопожарных мероприятий содержит: регулярные проверки (электропроводки, систем сигнализации), обучение персонала (инструктажи, тренировки), техническое обслуживание средств пожаротушения.

План ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) оформляется для опасных объектов (АЗС, склады ГСМ, химические производства) и включает взаимодействие с МЧС, локализацию возгораний, защиту окружающей среды.

Разработка планов состоит из 5 этапов:

- анализ объекта (особенности здания);
- определение рисков (где возможны возгорания, слабые места);

- разработка документов (схемы, инструкции, приказы);
- согласование (при необходимости – с МЧС или экспертами);
- обучение персонала и проведение тренировок.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке оборудования для очистки снега (таблица 9).

Таблица 9 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке оборудования для очистки снега плужно-роторного типа

| 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 своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения | Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [26]                                                             |
| «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]                                                                                             |

Рассмотрим обязанности работодателя по пожарной безопасности.

Контроль горючих отходов: не допускать скопления легковоспламеняющихся материалов, включить регулярную уборку в

систему противопожарных мер. Обучение персонала: четко разъяснять сотрудникам риски, связанные с используемыми материалами и технологическими процессами; вводный инструктаж для новых работников; ознакомить каждого нового сотрудника с разделами плана пожарной безопасности, которые касаются его личной защиты в ЧС.

Техническое обслуживание оборудования: проводить плановые проверки и ремонт теплогенерирующих установок, чтобы исключить риск возгорания.

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки оборудования для очистки снега**

Экологическая безопасность – это комплекс мер, направленных на сохранение природных систем и предотвращение их разрушения в результате человеческой деятельности. К ключевым аспектам относится защита экосистем от загрязнения, истощения и необратимых изменений, рациональное использование ресурсов (воды, почвы, воздуха), минимизация антропогенного воздействия на окружающую среду.

Основные направления:

- контроль загрязнений (промышленные выбросы);
- сохранение биоразнообразия (защита редких видов, восстановление лесов);
- устойчивое развитие (баланс между экономикой и экологией).

Экологическая безопасность – не просто синоним охраны природы, а системный подход к гармоничному взаимодействию человека и окружающей среды.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе сборки оборудования для очистки снега плужно-роторного типа и сведем их в таблицу 10.

Таблица 10 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

| Технологический процесс                                      | Антропогенное воздействие на окружающую среду:                                                               |                       |                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                              | атмосферу                                                                                                    | гидросферу            | литосферу                                                                                                                       |
| «Сборка оборудования для очистки снега плужно-роторного типа | 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]. |

Для минимизации вреда от пыли и СОЖ требуется комплексный подход:

- технический – фильтрация и модернизация оборудования,
- организационный – обучение персонала, контроль норм,
- экологический – правильная утилизация отходов.

Составляем сводную таблицу 11 с мероприятиями по минимизации вреда от пыли и СОЖ.

Таблица 11 – Сводная таблица с мероприятиями по минимизации вреда от пыли и СОЖ

| Вредный фактор                     | Способ устранения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Примечание                                                                  |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Мелкодисперсная пыль               | Фильтрация: <ul style="list-style-type: none"> <li>– циклоны – грубая очистка крупных частиц (эффективность ~70–80%);</li> <li>– рукавные фильтры – задерживают частицы до 1 мкм (эффективность 95–99%);</li> <li>– субмикронной пыли (используют коронный разряд). мокрые скрубберы – улавливание пыли водой (актуально для литейных цехов)</li> <li>– электрофильтры – для субмикронной пыли</li> </ul> | –                                                                           |
| Испарения СОЖ и масляных аэрозолей | Маслоуловители (коалесцентные фильтры) – отделяют масло от воздуха. Угольные адсорбенты – для летучих органических соединений (ЛОС).                                                                                                                                                                                                                                                                      | ПДК для металлической пыли – 0,5–10 мг/м <sup>3</sup> (зависит от металла). |

Продолжение таблицы 11

| Вредный фактор                                                                                                                   | Способ устранения                                                                                                                                                       | Примечание                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                  | Плазменно-каталитические очистители – разложение паров СОЖ на СО <sub>2</sub> и Н <sub>2</sub> О                                                                        | ПДК для масляных аэрозолей – 5 мг/м <sup>3</sup> (СанПиН 1.2.3685-21). |
| Отходы различного типа:<br>– металлическая стружка и лом;<br>– промасленная ветошь, спецодежда;<br>– твердые коммунальные отходы | Переплавка на металлургических заводах.<br>Обезжиривание + сжигание в спецпечах.<br>Сортировка + захоронение/переработка.<br>Регенерация или сжигание в цементных печах | –                                                                      |
| Опасные отходы                                                                                                                   | Масла (код 4 13 101–4 13 110).<br>Промасленные материалы (код 4 13 201–4 13 204) – класс опасности 3–4                                                                  | –                                                                      |

Идентификация вредных экологических факторов – первый шаг к разработке стратегий устойчивого развития и снижению антропогенной нагрузки на природу.

Выводы по разделу.

В рамках обеспечения производственной и экологической безопасности проекта выполнены следующие работы:

- составлен технологический паспорт процесса «Сборка оборудования для очистки снега плужно-роторного типа»;
- проведена оценка профессиональных рисков с разработкой эффективных методов их минимизации;
- определен класс пожарной опасности производства, выявлены ключевые факторы возгорания и предложены превентивные меры;
- проанализировано воздействие на окружающую среду при сборке оборудования, разработан комплекс природоохранных мероприятий.

## 6 Экономическая эффективность проекта

«Сегодня для уборки снега на городских дорогах в основном используются шнековые и фрезерно-фрезеровочные машины. Однако техника плужно-роторного типа имеет более простую конструкцию, что делает ее экономически выгодной как в производстве, так и в процессе эксплуатации» [11].

Анализ показал, что существующие модели снегоуборочных машин плужно-роторного типа нуждаются в усовершенствовании. Их усовершенствование позволит укрепить позиции на рынке в условиях конкуренции с более сложными аналогами.

«Предлагаемая модернизация включает в себя следующие ключевые изменения: регулируемая ширина очистки за счет изменения угла поворота отвала; универсальность заключается в возможности быстрого монтажа и демонтажа навесного оборудования. Эти решения не только повысят эффективность очистки, но и расширят сферу применения оборудования, сделав его более гибким в эксплуатации» [9].

В таблице 12 представлены исходные данные для расчета.

Таблица 12 – 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 | $B_{TЧ}$             | т/ч               | 100                  | 200  |
| Оптовая цена машины            | $Ц$                  | тыс. р.           | 740                  | 770  |

«Балансовая стоимость машины определяется по формуле:

$$K = Ц \cdot K_d, \quad (56)$$

где  $Ц$  – цена техники, р.

$K_D$  – коэффициент перехода от цены к балансовой стоимости, принимается равным 1,09» [9].

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

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

«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.

$$B_{\text{эч}} = B_{\text{тч}} \cdot K_T, \quad (58)$$

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

$K_T$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной, принимается равным 0,5.

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

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

$$T_{\Gamma} = \frac{T_{\Phi} - 2 \cdot T_{CO}}{\frac{1}{t_{CM} \cdot K_{CM}} + D_P + \frac{D_{\Pi}}{T_{OB}}}, \quad (59)$$

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

$T_{CO}$  – продолжительность сезонного обслуживания, дни;

$t_{CM}$  – продолжительность смены, ч.;

$K_{CM}$  – коэффициент сменности;

$D_P$  – простои во всех видах ТО и Р, дни/маш-ч.;

$T_{OB}$  – время работы на объекте, маш-ч.;

$D_{II}$  – продолжительность одной перебазировки, дни» [9].

«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,  $D_{II}$  – нет перебазировок.

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

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;

$d_{II Pi}$  – 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

$K_{\chi}$  – коэффициент перевода мото-часов в машино-часы» [9].

«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» [9].

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

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.;

$C_з$  – 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» [9].

«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» [9].

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

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

«Затраты на выполнение текущих, неплановых ремонтов и ТО:

$$C_P = C_{P3} \cdot K_P \cdot \lambda_P \cdot \left[ T_\Gamma \cdot K_\Psi \cdot \left( \frac{\sum_i^m a_i \cdot r_i}{T_P} + \frac{t_{OTK} \cdot B_P}{T_{OTK}} \right) + 2 \cdot r_{CO} \right] + 1,2 \cdot C_{ЗРЧ}, \quad (64)$$

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» [9].

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

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

«Затраты на выполнение капитальных ремонтов:

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

где  $\Pi_{KP}$  – цена капитального ремонта, р» [9].

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

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

«Заработная плата рабочих, управляющих техникой:

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

где  $K_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий доплаты, за работу во 2 и 3 смены;

$C_{Ti}$  – часовая тарифная ставка рабочего  $i$ -го разряда, р./ч» [9].

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

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

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

«Затраты на энергоресурсы (топливо):

$$C_{\text{ЭТ}} = \Pi_T \cdot W_T \cdot T_{\Gamma}, \quad (68)$$

где  $\Pi_T$  – цена топлива, р./кг

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

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

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

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

$K_N$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования двигателя по мощности» [9].

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

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

«Затраты на смазочные материалы:

$$C_{CM} = K_{CT} \cdot C_{\mathcal{E}}, \quad (70)$$

где  $K_{CT}$  – коэффициент перехода от годовых затрат на топливо к затратам на смазочные материалы, принимается равным 0,22» [9].

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

«Затраты на масло для гидросистемы:

$$C_{GM} = \frac{V_{\Gamma} \cdot O_M \cdot \Pi_{MG} \cdot K_D \cdot T_{\Gamma}}{T_M}, \quad (71)$$

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

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

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

$K_D$  – коэффициент доливок;

$T_M$  – периодичность замены гидравлической жидкости, маш-ч» [9].

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

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

«Затраты на замену быстроизнашивающихся частей:

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

где  $\Pi_{qi}$  – 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» [9].

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

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

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

Калькуляция годовых текущих издержек представлена в таблице 13.

Таблица 13 – 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 конечной продукции, производимой техникой, р./т» [9].

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

$$C_{\Pi}' = C_{\Pi} \cdot (1 + H_P) \cdot (1 + \Pi_H), \quad (74)$$

где  $C_{\Pi}$  – прямые затраты на эксплуатацию машины и материальные ресурсы, р./т;

$\Pi_H$  – норма плановых накоплений к плановой себестоимости» [9].

$$C_{\Pi} = \frac{C_{\Gamma}}{B}, \quad (75)$$

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

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

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

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

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

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

Экономический эффект в расчете на одну машину за год работы:

$$\mathcal{E}_1 = P_{\Gamma} - C_{\Gamma}, \quad (76)$$

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

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

«Прирост экономического эффекта за счет внедрения новой техники:

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

где  $\mathcal{E}_{1,2}$ ,  $\mathcal{E}_{1,1}$  – экономический эффект в расчете на одну машину для новой и базовой техника за год работы, р.» [9].

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

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

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

где  $T_{\text{сл}}$  – срок службы техники до списания, год» [9].

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

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

Результаты расчета сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Результаты расчета

| Наименование показателей                            | Условные обозначения | Единица измерения | Значение показателей |         |
|-----------------------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------|
|                                                     |                      |                   | БТ                   | НТ      |
| 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 НТ | $\Delta \Pi$         | 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 Беларусь-1025. Результаты расчета представлены в таблице 14.

## **Заключение**

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

Основная задача работы – разработка конструкции плужно-роторного снегоочистителя, ориентированного на эффективное и экономичное использование. Важнейшая особенность конструкции заключается в съёмном исполнении рабочего оборудования, благодаря чему основная машина приобретает универсальность и может применяться с разными видами навесного оборудования, адаптируясь под конкретные задачи и условия.

«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» [11].

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- проведён анализ рынка снегоочистителей, выявивший потребность в модернизации плужно-роторных агрегатов для повышения эффективности использования.
- выполнен тягово-динамический расчёт трактора Беларусь-1025;
- выполнены инженерные расчёты метательного устройства, определены мощность и гидравлика, спроектирована конструкция навесного оборудования.
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки и составлен технологический процесс сборки;
- 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 Белоусов Б. Н. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности / Б.Н. Белоусов, С.Д. Попов. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006 (М.: Типография «Наука»). 727 с.
- 2 Васильченко В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник / В. А. Васильченко. Москва: Машиностроение, 1983. 301 с.
- 3 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. Москва: Академия, 2009. 556 с.
- 4 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. Москва, 2015. 118 с.
- 5 Галкин В. И. Транспортные машины: учебник для вузов. Москва: Издательство «Горная книга»: Издательство МГГУ, 2010. 587 с.
- 6 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.
- 7 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.
- 8 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. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2015. 564 с.

9 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.

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

11 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 с.

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

13 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.

14 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» / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. Москва: ИНФРА-М, 2020. 262 с.

15 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.

16 Основные характеристики и тенденции развития современных отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов: учебное пособие / А. П. Иншаков; 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 с.

17 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.

18 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.

19 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.

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

21 Янсон, Р. А. Базовые машины в строительстве. В 2-х ч. Ч. 1, Ч. 2. Научное издание. Москва: Издательство АСВ, 2011. 368 с.

- 22 Arnold, M. Simulation Algorithms in Vehicle System Dynamics / M. Arnold // Technical Report 27. Martin-Luther-University Halle, Department of Mathematics and Computer Science, 2004. 27 p.
- 23 Lowndes, E.M. Development of an Intermediate DOF Vehicle Dynamics Model for Optimal Design Studies / E.M. Lowndes, - Raleigh, 1998. 209 p.
- 24 Pettersson, M. Driveline Modeling and Control / M. Pettersson. - Linköping, 1997. 150 p.
- 25 Puhs, Allen E., Hybrid vehicles. CRC Press. London, NewYork 2009. 505 p.
- 26 Wagner G. Transmission options / Gerhard Wagner// Automotive Engineering International. 2001. - Vol. 7 (109). 64-70p.

# Спецификации

[illegible]

Рисунок А.1 – Спецификация на снегоочиститель

### Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.2 – Спецификация на снегоочиститель

## Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.3 – Спецификация на сменное оборудование для снегоочистителя

### Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.4 – Спецификация на сменное оборудование для снегоочистителя

### Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.5 – Спецификация на ротор снегоочистителя

Продолжение Приложения А

| Формат                        |    | Зона | Поз. | Обозначение                  | Наименование                 | Кол.             | Приме-<br>чание |
|-------------------------------|----|------|------|------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|
|                               |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Перв. примен.                 |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
|                               |    |      |      |                              | Документация                 |                  |                 |
|                               |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| A1                            |    |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.000.СБ | Сборочный чертеж             | 1                |                 |
|                               |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Справ. №                      |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
|                               |    |      |      |                              | Детали                       |                  |                 |
|                               |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| A4                            | 1  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.001    | Лист лобовой                 | 1                |                 |
| A4                            | 2  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.002    | Лист жесткости               | 1                |                 |
| A4                            | 3  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.003    | Лист верхний                 | 1                |                 |
| A4                            | 4  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.004    | Полоса                       | 2                |                 |
| A4                            | 5  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.005    | Полоса                       | 1                |                 |
| A4                            | 6  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.006    | Втулка                       | 4                |                 |
| A4                            | 7  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.007    | Прошина                      | 2                |                 |
| A4                            | 8  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.008    | Основание                    | 1                |                 |
| A4                            | 9  |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.008    | Втулка                       | 2                |                 |
| A4                            | 10 |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.010    | Пластина                     | 1                |                 |
| A4                            | 11 |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.011    | Полоса                       | 2                |                 |
| A4                            | 12 |      |      | 25.ДП.01.118.61.01.01.012    | Косынка                      | 1                |                 |
| Подп. и дата                  |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Инв. № докл.                  |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Взам. инв. №                  |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Стандартные изделия           |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
|                               |    | 13   |      |                              | Винт М16 ГОСТ 174 75-80      | 7                |                 |
|                               |    | 14   |      |                              | Шайба пружинная ГОСТ 6402-70 | 7                |                 |
|                               |    | 15   |      |                              | Гайка М16 ГОСТ 15526-70      | 7                |                 |
| Подп. и дата                  |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Инв. № подл.                  |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| 25.ДП.01.118.61.01.01.000     |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Изм. Лист № докум. Подп. Дата |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Разраб. Хвостов К.Н.          |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Проб. Угарова Л.А.            |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| И.контр. Угарова Л.А.         |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Утв. Бобровский А.В.          |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Отвал боковой<br>правый       |    |      |      |                              |                              | Лит. Лист Листов |                 |
|                               |    |      |      |                              |                              | Д 1 1            |                 |
|                               |    |      |      |                              |                              | ТГУ, АТс-2001а   |                 |
| Копировал                     |    |      |      |                              |                              |                  |                 |
| Формат А4                     |    |      |      |                              |                              |                  |                 |

Рисунок А.6 – Спецификация на отвал снегоочистителя

## Продолжение Приложения А

| Перв. примен. |    | Формат   | Зона | Поз.                      | Обозначение   | Наименование                 | Кол.             | Примечание |      |      |        |
|---------------|----|----------|------|---------------------------|---------------|------------------------------|------------------|------------|------|------|--------|
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
| Справ. №      |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              | Документация     |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
|               |    | A1       |      |                           |               | 25.ДП.01.118.61.01.03.000.СБ | Сборочный чертёж | 1          |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              | Детали           |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
|               |    | A4       | 1    |                           |               | 25.ДП.01.118.61.01.03.001    | Полоса           | 1          |      |      |        |
|               |    | A4       | 2    |                           |               | 25.ДП.01.118.61.01.03.002    | Лист лодовой     | 1          |      |      |        |
| A4            | 3  |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.003 | Задняя стенка | 1                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 4  |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.004 | Втулка        | 8                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 5  |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.005 | Основание     | 2                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 6  |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.006 | Основание     | 2                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 7  |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.007 | Проушина      | 4                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 8  |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.008 | Втулка        | 4                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 9  |          |      | 23.ДП.01.158.61.01.03.009 | Основание     | 1                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 10 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.010 | Проушина      | 2                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 11 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.011 | Втулка        | 2                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 12 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.012 | Пластина      | 1                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 13 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.013 | Основание     | 2                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 14 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.014 | Проушина      | 4                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 15 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.015 | Втулка        | 4                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 16 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.016 | Основание     | 2                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 17 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.017 | Проушина      | 4                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 18 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.018 | Втулка        | 4                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 19 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.019 | Косынка       | 2                            |                  |            |      |      |        |
| A4            | 20 |          |      | 25.ДП.01.118.61.01.03.020 | Полоса        | 2                            |                  |            |      |      |        |
| Подп. и дата  |    |          |      |                           |               | 25.ДП.01.118.61.01.03.000    |                  |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |
| Инв. № подл.  |    | Изм.     | Лист | № докум.                  | Подп.         | Дата                         | Кожух ротора     |            | Лит. | Лист | Листов |
|               |    | Разраб.  |      | Хвостов К.Н.              |               |                              |                  |            | Д    | 1    | 2      |
|               |    | Пров.    |      | Угарова Л.А.              |               |                              |                  |            |      |      |        |
|               |    | Н.контр. |      | Угарова Л.А.              |               |                              |                  |            |      |      |        |
| Инв. № подл.  |    | Утв.     |      | Бобровский А.В.           |               |                              | ТГУ, АТС-2001а   |            |      |      |        |
|               |    |          |      |                           |               |                              |                  |            |      |      |        |

Копировал

Формат А4

Рисунок А.7 – Спецификация на кожух ротора

## Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.8 – Спецификация на кожух ротора

Продолжение Приложения А

| Формат<br>Зона | Поз. | Обозначение                  | Наименование         | Кол.  | Примечание       |
|----------------|------|------------------------------|----------------------|-------|------------------|
|                |      |                              |                      |       |                  |
| Перв. примен.  |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              | Документация         |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                | A1   | 25.ДП.01.118.61.01.06.000.СБ | Сборочный чертёж     | 1     |                  |
| Справ. №       |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              | Детали               |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                | A4   | 1 25.ДП.01.118.61.01.06.001  | Стенка бруса боковая | 4     |                  |
|                | A4   | 2 25.ДП.01.118.61.01.06.002  | Стенка бруса верхняя | 2     |                  |
|                | A4   | 3 25.ДП.01.118.61.01.06.003  | Стенка бруса нижняя  | 2     |                  |
|                | A4   | 4 25.ДП.01.118.61.01.06.004  | Редра жесткости      | 2     |                  |
|                | A4   | 5 25.ДП.01.118.61.01.06.005  | Проушина             | 2     |                  |
|                | A4   | 6 25.ДП.01.118.61.01.06.006  | Втулка               | 2     |                  |
|                | A4   | 7 25.ДП.01.118.61.01.06.007  | Основание            | 1     |                  |
|                | A4   | 8 25.ДП.01.118.61.01.06.008  | Основание            | 2     |                  |
|                | A4   | 9 25.ДП.01.118.61.01.06.009  | Проушина             | 4     |                  |
|                | A4   | 10 25.ДП.01.118.61.01.06.010 | Втулка               | 4     |                  |
| Подп. и дата   | A4   | 11 25.ДП.01.118.61.01.06.011 | Основание            | 4     |                  |
|                | A4   | 12 25.ДП.01.118.61.01.06.012 | Проушина             | 8     |                  |
|                | A4   | 13 25.ДП.01.118.61.01.06.013 | Втулка               | 4     |                  |
|                | A4   | 14 25.ДП.01.118.61.01.06.014 | Полоса               | 2     |                  |
| Инв. № докл.   |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
| Взам. инв. №   |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
| Подп. и дата   |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
| Инв. № подл.   |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      |                              |                      |       |                  |
|                |      | 25.ДП.01.118.61.01.06.000    |                      |       |                  |
|                |      | Изм. Лист                    | № докум.             | Подп. | Дата             |
|                |      | Разраб.                      | Хвостов К.Н.         |       |                  |
|                |      | Проб.                        | Угарова Л.А.         |       |                  |
|                |      | И.контр.                     | Угарова Л.А.         |       |                  |
|                |      | Утв.                         | Бобровский А.В.      |       |                  |
|                |      | Рама толкающая               |                      |       | Лит. Лист Листов |
|                |      |                              |                      |       | Д 1 1            |
|                |      |                              |                      |       | ТГУ, АТс-2001а   |
|                |      |                              |                      |       |                  |

Копировал

Формат А4

Рисунок А.9 – Спецификация на толкающую раму снегоочистителя