

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))

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Модернизация рабочего оборудования самоходного скрепера

Обучающийся

С.А. Кудашев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

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

(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. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

И.Ю. Усатова

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация рабочего оборудования самоходного скрепера».

Дипломный проект посвящен исследованию и разработке модернизации рабочего оборудования самоходного скрепера с целью повышения эффективности и производительности данного типа машин в строительной отрасли. В работе проведен анализ текущих технических характеристик самоходных скреперов и выявлены основные направления потенциальной модернизации. Пояснительная записка к дипломному проекту включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 119 страниц с приложениями.

Графическая часть состоит из 10 листов формата А1. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрено назначение, область применения и классификация скреперов.

Во втором разделе выполнен анализ патентной и научно-технической литературы описание принципиальной схемы машины и новых технических решений.

В третьем разделе выбраны основные параметры скрепера, выполнен расчет производительности самоходного скрепера, тяговый расчет самоходного скрепера, расчёт модернизированного рабочего оборудования.

В четвертом разделе выбран, обоснован и составлен технологический процесс сборки.

В пятом разделе рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта, разработаны меры и мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности объекта дипломного проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

## **Abstract**

The title of the graduation work is: «The modernization of the operating equipment of a self-propelled scraper».

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

The key issue of the graduation work is the modernization of the operating equipment of the self-propelled scraper with the forced loading by an elevator.

The heavy earth-moving machines significantly simplify and accelerate the construction works, increasing the construction efficiency and ensuring the high quality performance of the assigned tasks.

We touch upon the problems of reducing the costs, improving the quality and increasing the profitability of work.

This problem can be solved through the widespread introduction of new machinery and increasing the efficiency of using existing equipment.

The aim of the work is to modernize the operating equipment of the self-propelled scraper.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the determination of the purpose, areas of application and classification of scrapers; the analysis of the patent, scientific and technical literature; the description of the scraper's schematic diagram and the new technical solutions; the selection of the main scraper's parameters; the calculation of the self-propelled scraper productivity; the traction calculation of the self-propelled scraper; the calculation of the modernized operating equipment; the determination of the organizational form of assembly of the designed operating equipment, its technological process and labor intensity.

The special part of the graduation work gives details about the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

## Содержание

Введение.....	6
1 Назначение, область применения и классификация скреперов .....	8
2 Анализ патентной и научно-технической литературы, описание принципиальной схемы машины и новых технических решений .....	12
2.1 Анализ научно-технической литературы.....	12
2.2 Патентный обзор .....	13
2.3 Описание принципиальной схемы машины .....	22
3 Конструкторская часть .....	25
3.1 Выбор основных параметров скрепера .....	25
3.2 Расчёт производительности самоходного скрепера .....	30
3.3 Тяговый расчет самоходного скрепера .....	33
3.4 Расчёт баланса мощности самоходного скрепера.....	35
3.5 Расчёт модернизированного элеватора.....	38
3.6 Расчёт модернизированного ковша скрепера.....	56
3.7 Расчет гидросистемы управления рабочими органами самоходного скрепера.....	60
3.8 Расчёт гидроцилиндра подъема ковша скрепера .....	64
3.9 Расчёт гидроцилиндров задней стенки ковша скрепера .....	66
3.10 Расчет гидросистемы скрепера .....	69
4 Технологический раздел.....	73
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	73
4.2 Разработка технологического процесса сборки .....	78
5 Производственная и экологическая безопасность проекта .....	84
5.1 Описание технологического процесса сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014 с конструктивно-технологической и организационно- технической стороны .....	85
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	86
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	88

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	93
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса .....	97
6 Экономическая эффективность проекта.....	100
6.1 Расчет стоимости модернизированного скрепера .....	100
6.2 Расчёт стоимости машино-смены базового скрепера .....	102
6.3 Расчет стоимости машино-смены модернизированного скрепера .....	105
Заключение .....	110
Список используемой литературы и используемых источников.....	111
Приложение А. Спецификации.....	115

## Введение

«Дорожные машины работают в тяжелых условиях, которые характеризуются большим диапазоном изменений температуры воздуха, постоянной возможностью подвергнуться воздействию осадков, передвижением в условиях бездорожья, работой на влажных, а иногда на сильно пылеватых грунтах и тому подобное. К тому же строительные объекты часто имеют значительную протяженность, поэтому места работы машин отдалены от ремонтных баз. Все это должно учитываться при проектировании машин.

Землеройно-транспортными (далее – ЗТМ) – называют строительные машины, отделяющие грунт от массива тяговым усилием с последующим его перемещением к месту отсыпки собственным ходом» [6].

В зависимости от вида рабочего органа различают ковшовые (скреперы) (рисунок 1) и отвальные (бульдозеры, автогрейдеры, грейдер - элеваторы) ЗТМ. Эти машины отличаются простотой конструкции, универсальностью и высокой производительностью. Их применяют в дорожном строительстве, при рытье котлованов и каналов, возведении насыпей, планировке земляных поверхностей и на других работах.

Землеройно-транспортные машины значительно упрощают и ускоряют процесс строительных работ, повышая эффективность строительства и обеспечивая высокое качество выполненных задач.

«Остро стоит проблема снижения себестоимости, повышения качества и увеличения рентабельности работы. Данная проблема может быть решена путем широкого внедрения новой техники и повышения эффективности использования действующего оборудования» [2].

Необходимая интенсификация процесса работы скреперов на крепких и мерзлых грунтах может быть достигнута только на основе глубоких знаний как принципа действия и конструкции соответствующего оборудования, так и особенностей его эксплуатации.



Рисунок 1 – Самоходный скрепер

Цель дипломного проектирования состоит в модернизации рабочего оборудования самоходного скрепера с принудительной загрузкой элеватором.

Для достижения поставленной цели были проведены следующие работы:

- проработка патентной и научно-технической литературы;
- рассчитаны основные параметры базовой и модернизированной модели;
- разработаны ресурсосберегающие мероприятия по эксплуатации скрепера;
- рассчитаны технико-экономические показатели.

## 1 Назначение, область применения и классификация скреперов

«Скрепером называют землеройно-транспортную машину с ковшовым рабочим органом, предназначенную для послойной разработки грунта тяговым усилием, его транспортирования и отсыпки в земляные сооружения. Скреперы применяют в промышленном, гидротехническом и дорожном строительстве. Скреперами можно разрабатывать грунты до IV категории включительно. Для повышения эффективности работы скреперов на грунтах III-IV категорий их предварительно разрыхляют. Для более быстрого наполнения ковша применяют толкачи, увеличивающие силу тяги тягача.

Скреперы используют для устройства насыпей из боковых резервов, выемок с перемещением грунта в насыпь, возведения плотин, дамб, отрывки котлованов, производства вскрышных, мелиоративных и ирригационных работ, а также для предварительного уплотнения грунта, уложенного в насыпь» [6].

«Скреперы классифицируют по вместимости ковша, способу передвижения, схеме подвески ковша, способу его загрузки и разгрузки, по виду передней заслонки и системе управления.

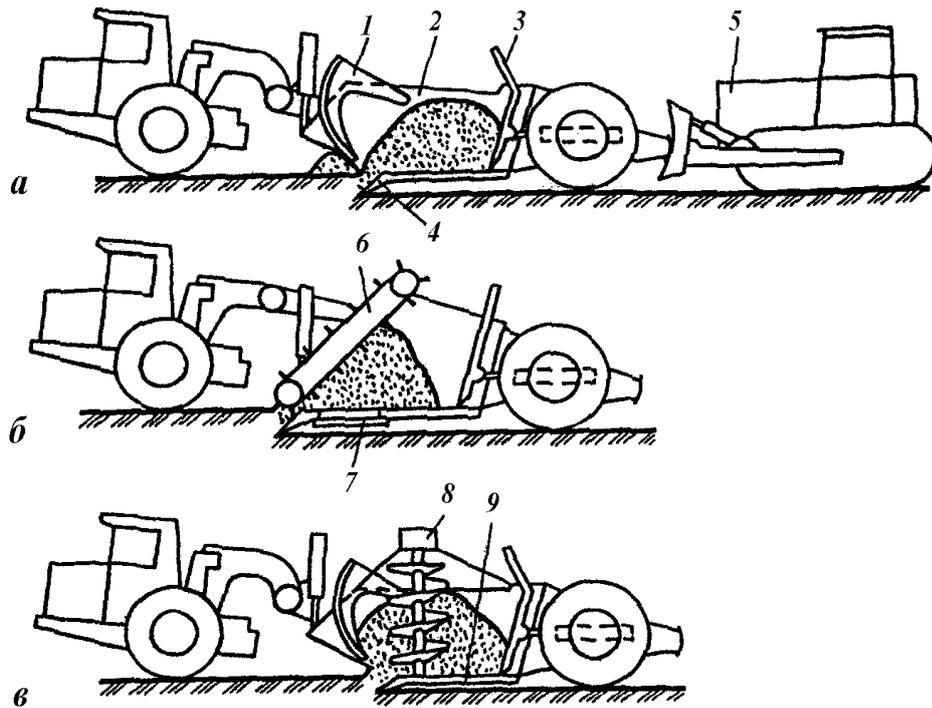
По вместимости ковшей скреперы подразделены на малые (до  $4,0 \text{ м}^3$ ), средние (от 5 до  $12 \text{ м}^3$ ) и большие ( $15 \text{ м}^3$  и более).

По способу передвижения различают скреперы прицепные, полуприцепные и самоходные.

По схеме подвески ковша скреперы бывают рамной и безрамной конструкции. У первых ковш шарнирно подвешен к специальной раме, у вторых рамой, опирающейся на ось, является сам ковш.

Загрузку ковша современных скреперов осуществляет либо за счет силы тяги под давлением срезанной стружки грунта, либо с помощью встроенного в переднюю часть ковша скребкового элеватора или шнека» [2].

Примеры скреперов представлены на рисунке 2.



а – скрепер с тяговой загрузкой; б – скрепер с элеваторной загрузкой;  
 в – скрепер со шнековой загрузкой; 1 – заслонка; 2 – ковш; 3 – задняя стенка; 4 – ножи;  
 5 – трактор-толкач; 6 – элеватор; 7 – откатное днище; 8 – привод; 9 – шнек

Рисунок 2 – Классификация скреперов по типу загрузки ковша

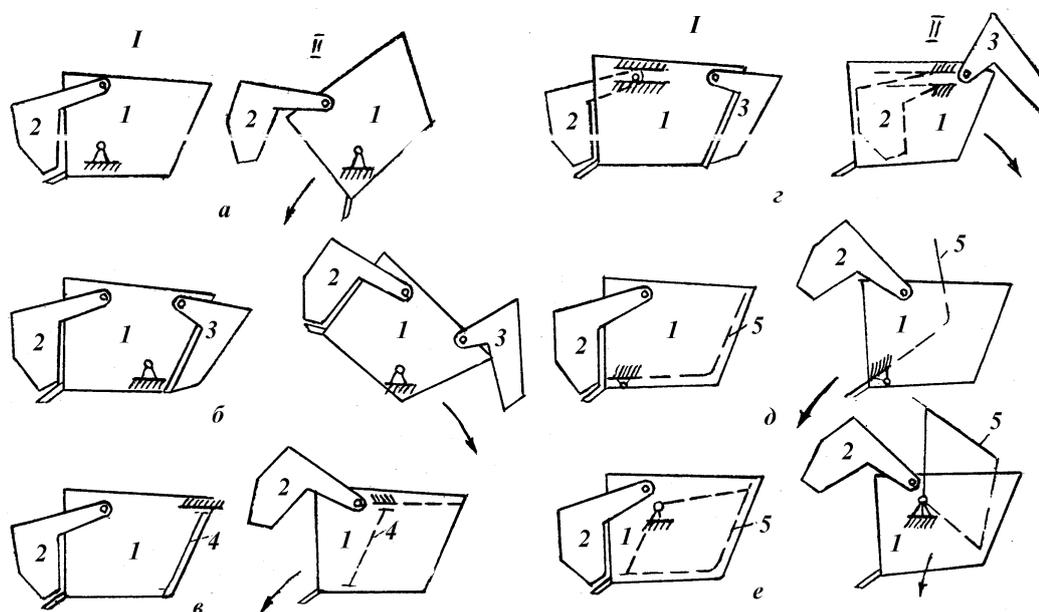
«По способу разгрузки различают скреперы со свободной разгрузкой (вперед или назад), полупринудительной (щелевой или донной) и принудительной» [2].

Данные примеры представлены на рисунке 3.

«Для машин малой мощности характерна свободная разгрузка, хотя определенным недостатком ее является неполное опорожнение ковша, особенно при разработке липких грунтов. Принудительная и полупринудительная разгрузка, обеспечивающие наилучшее опорожнение ковша, применяется главным образом в машинах средней и большой вместимости. Эффективна и щелевая разгрузка, во время которой днище ковша наклоняется на значительный угол. В скреперах с элеваторной загрузкой обычно применяется донная выгрузка грунта.

Передние заслонки могут быть плавающими и управляемыми. В первом случае при разработке грунта заслонка поднимается давлением

призмы волочения, во втором – при помощи подъемного механизма, блокирующего управление заслонкой и ковшом» [3].



а – свободная, наклоном вперед; б – то же назад; в – принудительная, движением вперед задней стенки; г – то же движением назад передней заслонки; д – полупринудительная, наклоном вперед днища и задней стенки; е – полупринудительная щелевая, наклоном вперед днища и задней стенки; 1 – ковш; 2 – передняя заслонка; 3 – задняя заслонка; 4 – подвижная задняя стенка; 5 – подвижные днище и задняя стенка.

Рисунок 3 – Транспортное I и разгрузочное II положения скреперных ковшей разных конструкций, различаемых по способу разгрузки

«По системе управления рабочим органом различают скреперы с гидравлическим и канатно-блочным управлением. При гидравлическом управлении режущая кромка ковша заглубляется в грунт принудительно, а при канатно-блочном – под действием силы тяжести его. Последняя схема в современных конструкциях скреперов не применяется.

Применительно к скреперам разработана автоматическая система управления «Копир-Стабилоплан-10». Это одноканальная автономная или копирная по жестким направляющим система, которая обеспечивает поддержание машиной заданного уклона планируемой поверхности, а также автоматическое перемещение задней стенки ковша при подсыпке и загрузке грунта» [4].

«Скрепер МоАЗ самоходный (МоАЗ-6014) предназначен для послойной разработки грунтов 1-2 категории и разрыхленных грунтов 3- 4 категории, их транспортировки и отсыпки слоя заданной толщины. Для увеличения производительности набор грунта скрепером производится с помощью трактора-толкача или бульдозера. Допускается загрузка экскаватором или ковшовым погрузчиком, что в сочетании с существующим качеством послойной разгрузки слоем заданной толщины расширяет универсальность использования скрепера. Применение скреперов целесообразно для быстрого выполнения нулевого цикла земляных работ и передачи площадей для дальнейших строительных работ. Для этой цели, как правило, используются недорогие высокопроизводительные скреперы массового выпуска со стабильным качеством, обеспечиваемым уровнем технологии. Основными преимуществами скрепера по сравнению с зарубежными аналогами являются:

- цена ниже в 3-4 раза;
- доступность агрегата в обслуживании;
- низкая энергоемкость транспортировки грунта по сравнению с технологией «самосвал-экскаватор (погрузчик)»;
- сокращение времени выполнения нулевых циклов при строительстве дорог, водохранилищ и прочих объектов» [2].

Выводы по разделу.

В разделе, посвященном назначению, области применения и классификации скреперов, были изучены основные характеристики данного типа строительной техники. Было установлено, что скреперы являются универсальными машинами, предназначенными для механизированной погрузки и транспортировки грунта на строительных объектах. Также была рассмотрена область применения скреперов, которая включает в себя дорожное строительство, мелиорацию земель, а также работы по укладке и планировке грунта.

## **2 Анализ патентной и научно-технической литературы, описание принципиальной схемы машины и новых технических решений**

### **2.1 Анализ научно-технической литературы**

«В развитии конструкций скреперов характерны следующие тенденции:

- внедрение самоходных скреперов;
- увеличение мощности двигателя и скоростей движения;
- увеличение емкости ковша;
- применение гидротрансформаторов и гидромуфт в трансмиссии и гидрообъемных систем управления;
- совершенствование формы ковша и ножа;
- переход вновь к принудительной разгрузке грунта из ковша скрепера;
- внедрение пневматических шин низкого давления и бескамерных шин;
- применение привода для всех колес или вспомогательного привода задних колес полуприцепных и самоходных скреперов;
- применение скреперов с элеваторной загрузкой;
- применение средств автоматического управления рабочими процессами и так далее;
- перспективным типажом предусмотрено изготовление ряда прицепных и самоходных скреперов, в том числе самоходного скрепера на базе мотор-колес с двигателем мощностью 540-650 кВт;
- в перспективе подлежат освоению скреперы и скреперные поезда на базе мотор-колес с двигателем 900-1100 кВт» [11].

## 2.2 Патентный обзор

В ходе патентного поиска были проанализированы следующие технические решения защищённые патентами.

Изобретение [21] (рисунок 4) относится к конструкциям строительных и дорожных машин.

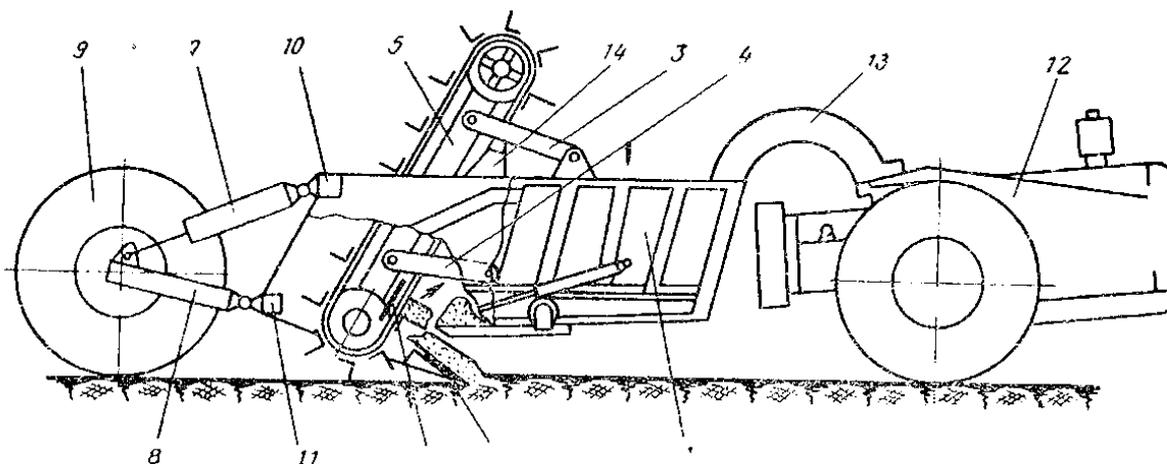


Рисунок 4 – Схема заполнения ковша скрепера

Цель изобретения – уменьшение мощности на элеватор. Достигается это тем, что в задней части ковша смонтирован нож, за которым посредством шарнирно закрепленных тяг установлен элеватор с наклоном вперед к направлению движения скрепера.

«Скрепер, включающий ковш с ножом и элеватор, отличается, тем, что, с целью уменьшения мощности на элеватор, в задней части ковша смонтирован нож, за которым посредством шарнирно закрепленных тяг установлен с наклоном вперед к направлению движения скрепера элеватор» [21].

Однако в таком скрепере возникают большие усилия при подъеме ножа, поскольку необходимо поднимать весь ковш с находящимся, в нем грунтом.

Изобретение [22] (рисунок 5) относится к конструкциям строительных и дорожных машин.

Цель изобретения – уменьшить усилия на подъем ножа.

Достигается это тем, что нож смонтирован на продольных баковых рычагах, шарнирно соединенных одними своими концам с боковыми стенками ковша, а другими – с элеватором.

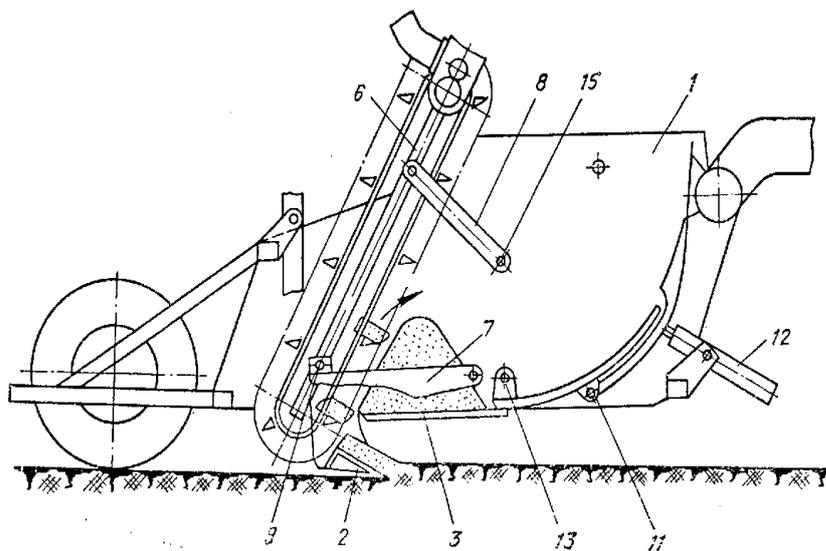


Рисунок 5 – Схема набора грунта в ковш.

«Данное изобретение отличается тем, что, с целью уменьшения усилия, на подъем ножа, последний смонтирован на продольных боковых рычагах, шарнирно соединенных одними своими концами с боковыми стенками ковша, а другими – с элеватором» [22].

Недостатком данной конструкции является повышенная материалоемкость и как следствие большие затраты на производства конструкции.

Изобретение [23] (рисунок 6) относится к землеройно-транспортной технике, в частности к скреперам с элеваторной загрузкой.

Цель изобретения – снижение энергоемкости процесса копания грунта.

Указанная цель достигается тем, что на балке установлен вибратор направленного действия и гидроцилиндр поворота элеватора. При заглубленном ноже и работе вибратора рама осуществляет плоскопараллельное перемещение, передавая вибровоздействие на грунт.

Кроме того от рамы через тяги колебания передаются на лоток и нож, снижая сопротивление грунта резанию.

«Недостатками рассматриваемой конструкции является, то, что при скоростях резания грунта скрепером и перемещения его скребками элеватора вибрация практически не снижает энергоемкости копания. Это положение установлено многими исследованиями. Кроме того, скребки элеватора в области подножевой плиты сминают снимаемую стружку, что приводит к увеличению энергоемкости и динамических нагрузок» [23].

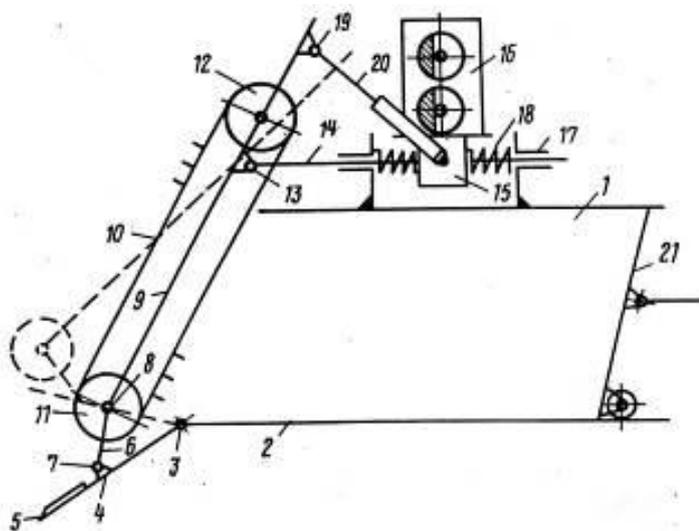


Рисунок 6 – Кинематическая схема ковша скрепера

Изобретение [24] (рисунок 7) относится к землеройно-транспортной технике, в частности к скреперам с элеваторной загрузкой.

«Техническим результатом является повышение эффективности работы скреперов. Указанный технический результат достигается тем, что скребковый элеватор состоит из двух взаимосвязанных ветвей. Первая, наклонная ветвь расположена от подножевой плиты под углом 40 -45° к днищу до верхних кромок боковых стенок ковша, а вторая верхняя и горизонтальная размещена ниже верхних кромок боковых стенок ковша и простирается от верхних звездочек наклонной ветви до приводных звездочек горизонтальной ветви, расположенных в области установки передней

заслонки скрепера. Под рабочей частью горизонтальной ветви и перед холостой частью наклонной ветви элеватора и параллельно им установлены соответственно горизонтальный и наклонный металлические щиты по всей ширине ковша. К каждому скребку элеватора закреплено по два ребра, ориентированных в вертикальной плоскости по продольным осям цепей, внешние кромки которых взаимодействуют с двумя роликовыми батареями, установленными в вертикальной плоскости и в угловом стыке двух ветвей элеватора» [23].

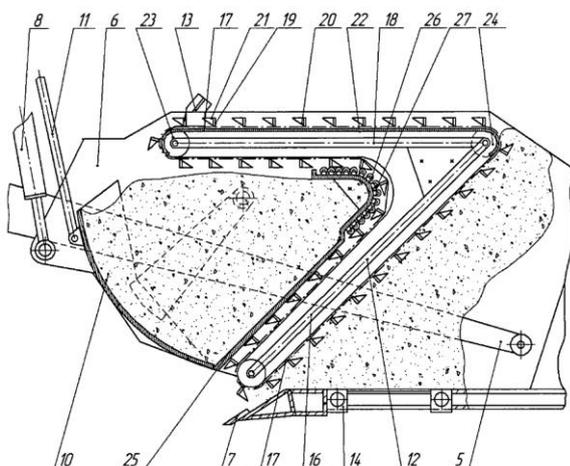


Рисунок 7 – Ковш скрепера с наклонной ветвью элеватора

Недостатком данного изобретения является прежде всего сложность и дороговизна рассматриваемой конструкции.

Изобретение [25] (рисунок 8) относится к скреперам с ковшами интенсифицирующего действия, осуществляющими активный процесс копания и разгрузки грунта.

«Целью изобретения является снижение сопротивления копанию ковшом при его использовании на скрепере с полупринудительной разгрузкой.

Ковш скрепера имеет боковые и заднюю стенки, переднюю заслонку и днище с режущим ножом, выполненное в виде конвейерной линии. Задняя стенка также выполнена в виде конвейерной линии, а обе конвейерные линии

объединены в один конвейер 6, который выполнен скребковым. Верхний участок ветви конвейера, образующей внутреннюю поверхность задней стенки и наклонён в сторону передней заслонки» [25].

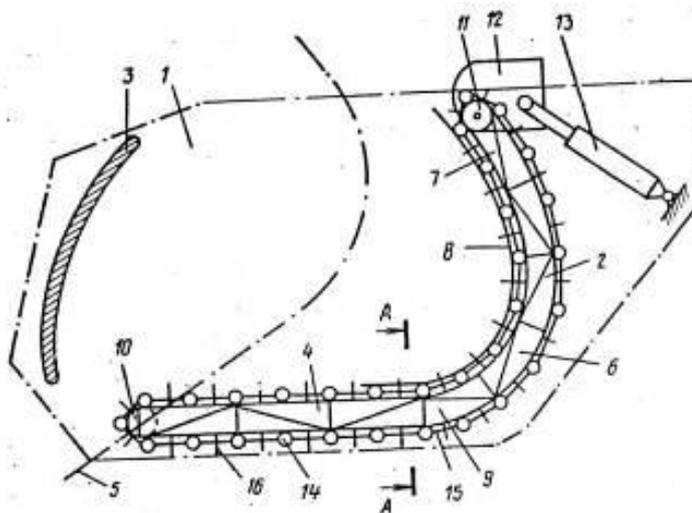


Рисунок 8 – Ковш скрепера

«Недостатком рассматриваемой конструкции является, то, что срезаемая стружка упирается в торец элеватора - задней стенки и отбрасывается в обратную сторону по отношению движения машины и формируется в виде призмы волочения. Вторым недостатком является то, что ленточный конвейер-элеватор является ненадежным элементом при работе скрепера на породах с крупнообломочными включениями» [25].

Изобретение [26] (рисунок 9) относится к области строительного и дорожного машиностроения, а, именно, к скреперам с передним расположением механизма загрузки.

«Цель изобретения – снижение динамических нагрузок и уменьшение сопротивления загрузки грунта. Указанная цель достигается тем, что оси нижних направляющих звездочек расположены по обе стороны от ножа.

Недостатком указанного ковша является значительные динамические нагрузки в процессе скреперирования из-за снятия стружки грунта скребками в сочетании среза со смятием» [26].

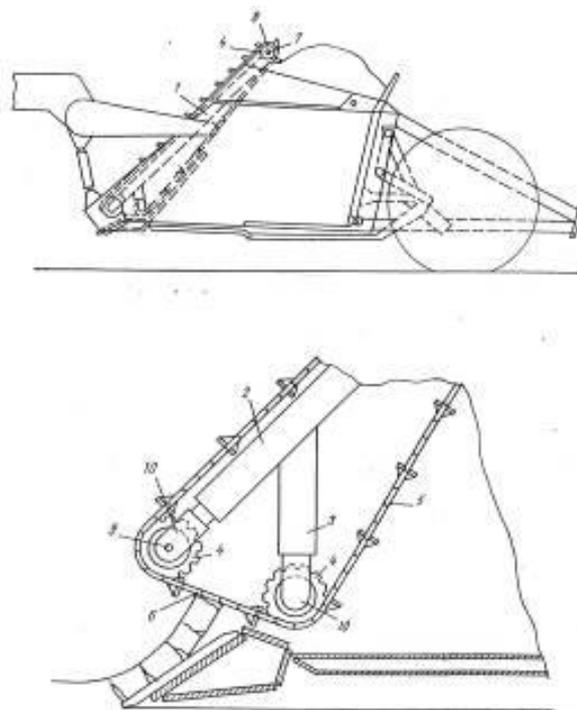


Рисунок 9 – Ковш скрепера

Изобретение [27] (рисунок 10) относится к скреперам с ковшами интенсифицирующего действия, осуществляющими активный процесс копания и разгрузки грунта.

Целью рассматриваемого изобретения является - повышение производительности ковша скрепера.

«Рассматриваемое изобретение, по мнению его авторов, заполнять переднюю часть ковша со стороны поперечной балки тяговой рамы и тем самым смещать центр тяжести ковша в сторону базового тягача» [27].

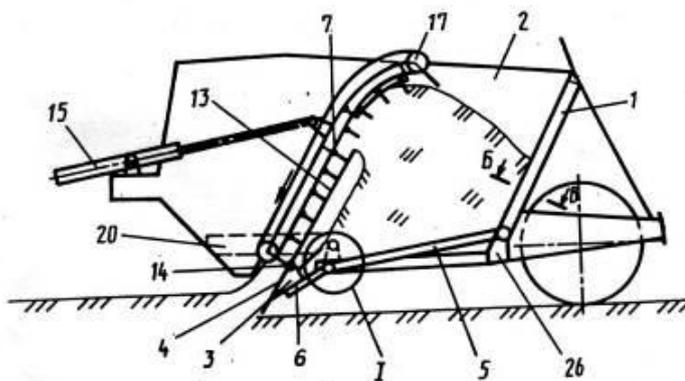


Рисунок 10 – Ковш скрепера

«Недостатков данной конструкции несколько. Во-первых, отсутствие нижней горизонтальной ветви элеватора приводит к смятию стружки и повышенным нагрузкам. Во-вторых, верхняя часть ковша со стороны задней стенки не заполняется грунтом. В-третьих, при переводе элеватора в переднее положение грунт находящийся в ковше оказывает давление на скребки, что приводит к резкому увеличению сопротивлений цепи» [27].

Изобретение [28] (рисунок 11) относится к области землеройно-транспортных машин и может быть использовано для увеличения хода механизма разгрузки ковша скрепера.

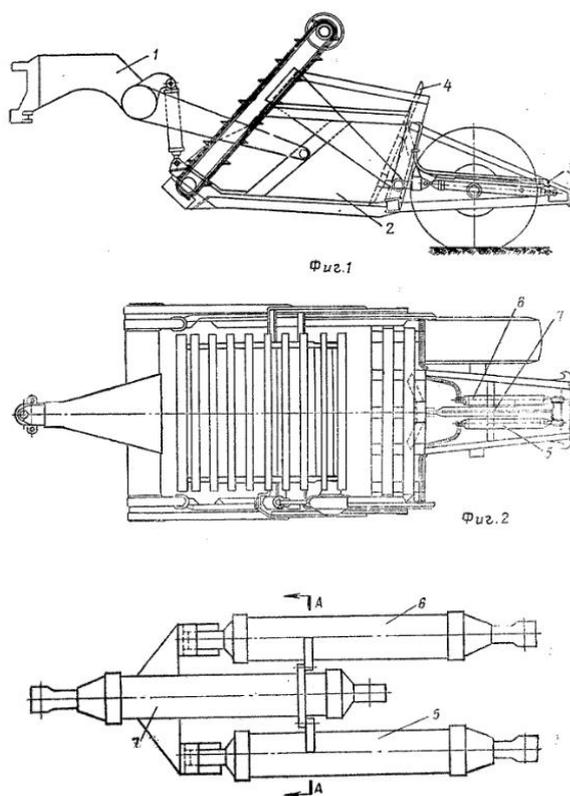


Рисунок 11 – Механизм перемещения задней стенки ковша скрепера

Целью настоящего изобретения является упрощение конструкции механизма разгрузки.

«В предлагаемом скрепере для уменьшения габаритов и сокращения времени на разгрузку грунта гидропривод выполнен в виде параллельно расположенных гидроцилиндров, корпуса которых жёстко соединены между

и установлены с продольным смещением один относительно другого, а штоки шарнирно присоединены соответственно к задней стенке ковша и подвижному щиту» [28].

Применение предлагаемого механизма разгрузки позволяет упростить конструкцию подобных механизмов и снизить простой скрепера из-за неисправности этого механизма, а также уменьшение времени на разгрузку грунта.

Изобретение [29] (рисунок 12) относится к землеройно-транспортным средствам, а именно к скреперам с элеваторной загрузкой.

«Целью изобретения является упрощение конструкции путём исключения рамы элеватора.

Это достигается тем, что скрепер снабжён шарнирно соединенными с ковшом двуплечими рычагами, на которых установлены ведомые звёздочки и поддерживающие ролики, причём ось шарнирного соединения расположена выше межосевой линии ведущих звёздочек, а ковш имеет упоры для взаимодействия с рычагами. Кроме того, рычаги дополнительно соединены с ковшом посредством возвратной упругой пружины» [29].

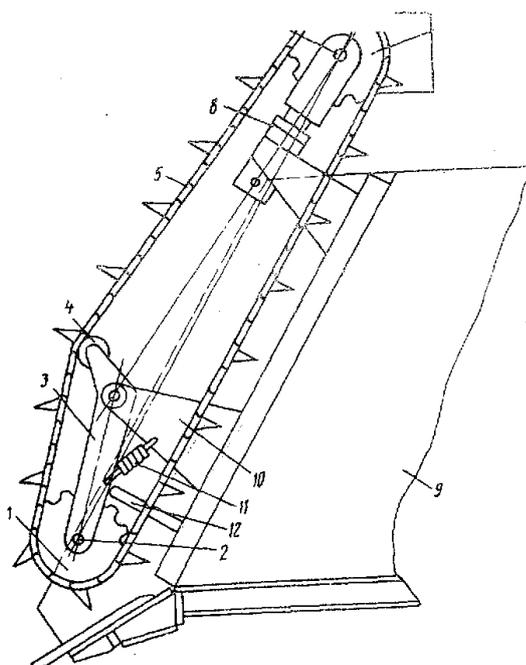


Рисунок 12 – Загрузочный элеватор

Преимуществом данной разработки перед остальными является: значительное упрощение конструкции и повышение эффективности заполнения ковша скрепера грунтом.

Изобретение [21] (рисунок 13) относится к дорожному, гидротехническому, мелиоративному и гражданскому строительству при выполнении земляных работ.

Цель изобретения – снижение силы сопротивления копания.

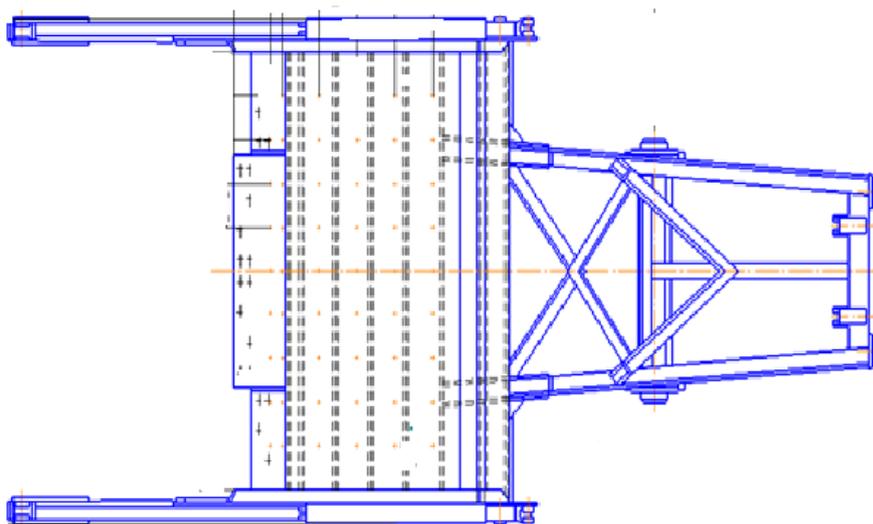


Рисунок 13 – Ковш скрепера с перфорированным ножом

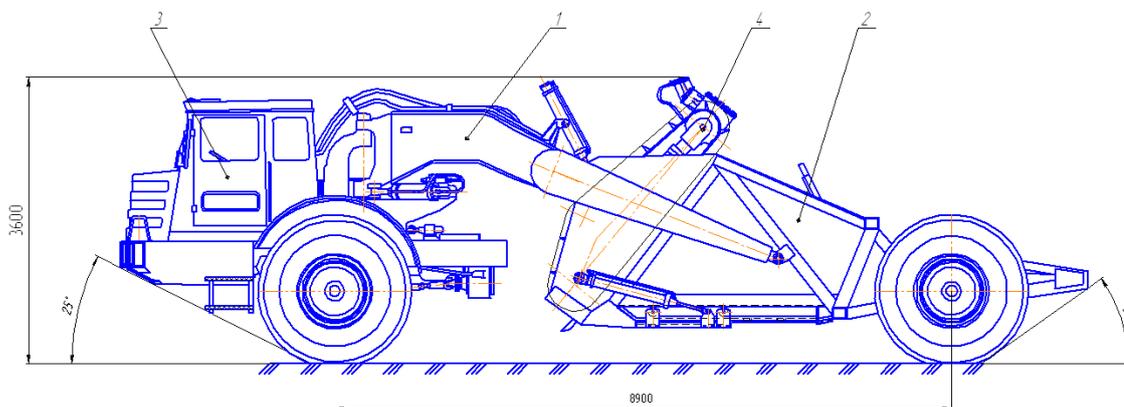
Одним из важнейших направлений снижения силы сопротивления копанию является уменьшение сил трения, возникающих в процессе взаимодействия рабочего органа с грунтом. Для этого используют смазывающие прослойки из воды или газа – водяную или газовую смазку. Установлено, что тяговое усилие может быть снижено на 20-25%.

Самым перспективным является применение воздушной подушки. Сжатый воздух вывешивает грунт и является как бы смазкой, практически устраняющей трение. Для активизации движения грунта при заполнении ковша газ подается к граничной поверхности или внутрь материала потоком с постоянным по времени расходом.

Преимуществом данной разработки: уменьшение силы сопротивления копанью, а также уменьшения сил трения рабочего органа с грунтом. Таким образом, на основании проведённого анализа для дальнейшей разработки были выбраны технические решения [28], [29], [22] в которых скрепер был оборудован шарнирно соединёнными с ковшем двуплечими рычагами, на которых установлены ведомые звёздочки и поддерживающие ролики, перфорированным ковшом для подачи газовой смеси, модернизированным механизмом перемещения задней стенки ковша.

### 2.3 Описание принципиальной схемы машины

В данном дипломном проекте разработана модификация скрепера МоАЗ-6014, на который был установлен элеватор, с поднимающимися поддерживающими звёздочками, седельно-цепное устройство выполненное и установленное на раме тягача со смещением относительно его колесной оси и модернизированный механизм задней стенки ковша (рисунок 14).



1 – тяговая рама, 2 – ковш, 3 – тягач, 4 – элеватор

Рисунок 14 – Общий вид модернизированной конструкции

«Самоходный скрепер МоАЗ-6014 – это землеройно-транспортная спецмашина для послойных разработок грунтов I-II категорий и подготовленных (взрыхлённых) грунтов III-IV категорий, с их последующей

транспортировкой и отсыпкой в назначенном месте на нужную толщину. Представляет собой шарнирно-сочленённый автопоезд. Передняя часть данного автопоезда – это одноосный многоцелевой автомобильный тягач МоАЗ-6442. Часть задняя – это скрепер-полуприцеп с широким ковшом. Продукция Могилёвского автомобильного завода имени Кирова.

МоАЗ-6014 – это недорогой и высокопроизводительный скрепер массового выпуска со стабильным качеством, обеспечиваемым выверенным и отточенным на практике уровнем технологий» [4].

Техническая характеристика самоходного скрепера МоАЗ-6014 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика самоходного скрепера [8]

Параметр	Значение
Масса снаряженного скрепер, т	20
Масса самоходного скрепера полная, т	36
Грузоподъемность, т	16
Вертикальная нагрузка на седельно-цепное устройство, кН	80
Максимальная скорость снаряжённого скрепер, км/ч	44
Угол поворота тягача в каждую сторону, град	85
Угол поворота тягача относительно скрепера в вертикальной плоскости (качание) в каждую сторону, град	15
Радиус поворота по крайней выступающей точке, м	8,6
Дорожный просвет под ножами скрепера, м	0,45
Максимальная толщина слоя отсыпки, м	0,45
Ширина полосы резания, м	2,82
Ширина по упряжной тяге, м	3,27
Величина заглубления ножа, мм	300
Объём ковша, м <sup>3</sup>	
– геометрический	5
– номинальный	7,5

«Тягач этого скрепера оснащён энергонасыщенным дизельным двигателем, двухдисковым сцеплением с пневматическим усилением, механической и дополнительной коробками передач. Его ведущий мост оснащён рессорной подвеской с гидравлическим амортизатором, что способствует развитию высоких, для техники данного типа, транспортных скоростей скрепера (до 44 км/ч по паспорту). Двигаясь по насыпи,

самоходный скрепер крупными массивными колёсами уплотняет отсыпанные слои грунта, что устраняет необходимость в привлечении специальных машин для уплотнения грунта. Безопасность работы водителя самоходного скрепера МоАЗ-6014 гарантируется двухконтурной тормозной системой, которая исключает возможность выхода из строя всех колёсных тормозов одновременно, а также аварийным тормозом и защитным каркасом над кабиной управления» [10].

«Специализацией самоходного скрепера МоАЗ-6014 является дорожное строительство. Именно в этой сфере его использование является наиболее рентабельным и целесообразным. МоАЗ-6014 способен качественно и без значительных временных затрат выполнить весь комплекс земляных работ по расчистке площадок, подготовке основания дорожного полотна и равномерной укладке песочно-щебёночной подушки асфальтового покрытия» [12].

Выводы по разделу.

Анализ патентной и научно-технической литературы в рамках данного раздела дипломной работы позволил выявить существующие технические решения в области разработки скреперов и выявить перспективы для разработки новых моделей. Рассмотрение патентов и научных статей по теме скреперов позволило получить ценные сведения о технических решениях, использованных в существующих конструкциях, и определить основные направления для усовершенствования скреперов.

В ходе анализа были выявлены ключевые принципы и особенности существующих моделей скреперов, а также технические характеристики, определяющие их эффективность и производительность.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Выбор основных параметров скрепера

Основные параметры скреперов регламентируются ГОСТ 10055-75, ГОСТ 5738-73, которые определяем в зависимости от главного параметра – геометрическая емкость ковша.

Условно вместимость определяется уравнением:

$$V = B_k \cdot L \cdot H. \quad (1)$$

«Ширину ковша определяют, исходя из размера колеи тягача, с учетом размеров элементов конструкции по формуле:

$$B_k = B_m + B_{ui} + 2 \cdot \Delta B_k, \quad (2)$$

где  $B_m$  – ширина тягача, принимается равной 2370 мм;

$B_{ui}$  – ширина пневматической шины или ширина гусеницы, принимается равной 16 дюймов;

$\Delta B_k$  – зазор между ходовыми устройствами тягача и стенкой траншеи при разработке скреперами траншей ( $\Delta B_k = 30 \dots 60$  мм)» [1].

$$B_k = 2370 + 16 \cdot 25 + 2 \cdot 30 = 2820 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем ширину ковша равной 2820 мм.

«Определим длину и высоту ковша:

$$L_k = \sqrt{\frac{\alpha_k \cdot q}{B_k}}, \quad (3)$$

$$H_k = \sqrt{\frac{q}{B_k \cdot \alpha_k}}, \quad (4)$$

где  $\alpha_k$  – отношение длины ковша к его высоте, принимается в диапазоне от 0,8 до 0,9» [14].

$$L_k = \sqrt{\frac{0,9 \cdot 5}{2,82}} = 1,26 \text{ м},$$

$$H_k = \sqrt{\frac{5}{0,9 \cdot 2,82}} = 1,6 \text{ м}.$$

На рисунке 15 представлена схема ковша скрепера и ступенчатой ножевой системы.

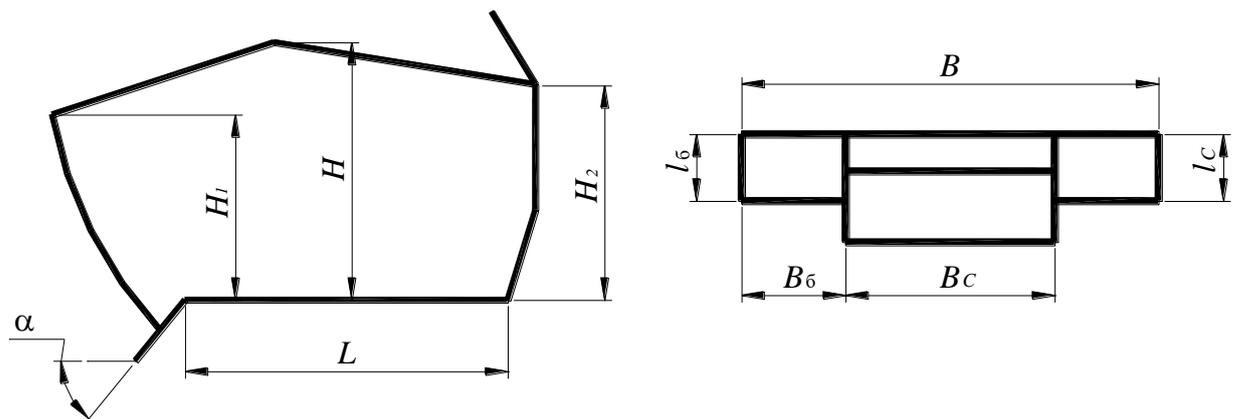


Рисунок 15 – Схема ковша скрепера и ступенчатой ножевой системы

Высоту задней стенки принимаем не менее [1]:

$$H_1 = 1,2 \cdot H = 1,81 \text{ м}. \quad (5)$$

Определим размеры ступенчатых ножей исходя из следующих соотношений:  $B_6 = 0,25B_k$ ,  $B_c = 0,5B_k$ .

$$B_6 = 0,25 \cdot 2820 = 705 \text{ мм},$$

$$B_c = 0,5 \cdot 2820 = 1410 \text{ мм.}$$

Основные параметры скреперов можно определить по статическим формулам Р.А. Кабашева и И.П. Керова [1].

Вместимость ковша:

$$q''' = (0,9 \dots 1,1) \cdot (1,32 \cdot q), \quad (6)$$

$$q''' = (0,9 \dots 1,1) \cdot (1,32 \cdot 5,25) = 6,93 \text{ м}^3.$$

Конструктивно принимаем вместимость ковша равной  $7 \text{ м}^3$ .

Мощность тягача:

$$N = \frac{(0,87 \dots 1,13) \cdot (24,0 \cdot q)}{1,36}, \quad (7)$$

$$N = \frac{(0,87 \dots 1,13) \cdot (24,0 \cdot 7,9)}{1,36} = 139,5 \text{ кВт.}$$

Конструктивно принимаем мощность тягача равной  $140 \text{ кВт}$ .

Вес скрепера:

$$G_1 = (0,81 \dots 1,19) \cdot (19,20 \cdot q), \quad (8)$$

$$G_1 = (0,81 \dots 1,19) \cdot (19,20 \cdot 5,7) = 110 \text{ кН.}$$

Конструктивно принимаем вес скрепера равный  $110 \text{ кН}$ .

Габаритные размеры:

– длина:

$$L_2 = (0,88 \dots 1,22) \cdot (400 + 6000 \cdot \sqrt[3]{q - 0,08}), \quad (9)$$

$$L_2 = (0,88 \dots 1,22) \cdot (400 + 6000 \cdot \sqrt[3]{q - 0,08}) = 11714,8 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем длину скрепера равной 11715 мм.

– ширина:

$$B_z = (0,89\dots1,11) \cdot (200 + 1500 \cdot \sqrt[3]{q-1}), \quad (10)$$

$$B_z = (0,89\dots1,11) \cdot (200 + 1500 \cdot \sqrt[3]{q-1}) = 3047 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем ширину скрепера равной 3050 мм.

– высота:

$$H_z = (0,84\dots1,16) \cdot (900 + 1025 \cdot \sqrt[3]{q-1}), \quad (11)$$

$$H_z = (0,84\dots1,16) \cdot (900 + 1025 \cdot \sqrt[3]{q-1}) = 3450 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем ширину скрепера равной 3500 мм.

– колёсная база:

$$L_o = (0,93\dots1,07) \cdot (1100 + 2615 \cdot \sqrt[3]{q}), \quad (12)$$

$$L_o = (0,93\dots1,07) \cdot (1100 + 2615 \cdot \sqrt[3]{q}) = 7869 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем колесную базу скрепера равной 7900 мм.

Колея колес:

– передних:

$$S_n = (0,9\dots1,1) \cdot (1000 + 465 \cdot \sqrt[3]{q+1,5}), \quad (13)$$

$$S_n = (0,9\dots1,1) \cdot (1000 + 465 \cdot \sqrt[3]{q+1,5}) = 2316 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем колею передних колес скрепера равной 2320 мм.

– задних:

$$S_3 = (0,9 \dots 1,1) \cdot (450 + 780 \cdot \sqrt[3]{q}), \quad (14)$$

$$S_3 = (0,9 \dots 1,1) \cdot (450 + 780 \cdot \sqrt[3]{q}) = 1962 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем колею задних колес скрепера равной 1970 мм.

Толщина отсыпаемого слоя грунта  $\delta$  принимаем по [1] равной 425 мм.

Диаметр колес:

– передних:

$$D_n = (0,83 \dots 1,17) \cdot (225 + 790 \cdot \sqrt[3]{q}), \quad (15)$$

$$D_n = (0,83 \dots 1,17) \cdot (225 + 790 \cdot \sqrt[3]{q}) = 1812 \text{ мм.}$$

– задних:

$$D_3 = (0,87 \dots 1,13) \cdot (220 + 890 \cdot \sqrt[3]{q}), \quad (16)$$

$$D_3 = (0,87 \dots 1,13) \cdot (220 + 890 \cdot \sqrt[3]{q}) = 1947 \text{ мм.}$$

Грузоподъемность:

$$Q = (0,89 \dots 1,11) \cdot (1,87 \cdot q), \quad (17)$$

$$Q = (0,89 \dots 1,11) \cdot (1,87 \cdot q) = 10,3 \text{ т.}$$

Максимальная скорость передвижения:

$$v = (0,85 \dots 1,15) \cdot (12 + 15,3 \cdot \sqrt{q + 0,4}), \quad (18)$$

$$v = (0,85 \dots 1,15) \cdot (12 + 15,3 \cdot \sqrt{q + 0,4}) = 44 \text{ км/ч.}$$

Удельная мощность:

$$N_{y\partial} = \frac{(0,79 \dots 1,21) \cdot (25,8 - 1,2 \cdot \sqrt[3]{q})}{1,36}, \quad (19)$$

$$N_{y\partial} = \frac{(0,79 \dots 1,21) \cdot (25,8 - 1,2 \cdot \sqrt[3]{q})}{1,36} = 21 \text{ кВт.}$$

### 3.2 Расчёт производительности самоходного скрепера

«Техническая производительность самоходного скрепера определяется по формуле:

$$П = 3600 \cdot \frac{q}{T_{ц}} \cdot \frac{k_n}{k_p}, \quad (20)$$

где  $q$  – геометрическая вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$k_n$  – коэффициент наполнения ковша, принимается равным 1,1;

$k_p$  – коэффициент разрыхления, принимается равным 1,3;

$T_{ц}$  – время цикла скрепера, с.

$$T_{ц} = t_n + t_{cp} + t_{выг} + t_{вс}, \quad (21)$$

где  $t_n$  – время набора грунта в ковш [1];

$t_{cp}$  – время движения скрепера в груженом состоянии;

$t_{выг}$  – время, затрачиваемое на выгрузку грунта, принимается равным 20 с [1];

$t_{вс}$  – время, затрачиваемое на возвращение скрепера в карьер;

$t_{всз}$  – вспомогательное время, затрачиваемое на развороты, в соответствии с [1] принимаем равным 45 с» [15].

Время набора считается от момента заглубления ковша скрепера в грунт до момента его выглубления и отрыва от бампера скрепера: сюда входит и время ожидания скрепером подхода толкача.

«Время на транспортировку грунта  $t_{cp}$  и возвращение  $t_{воз}$  – скрепера в карьер:

$$t_{cp} + t_{воз} = L_{mp} / V_{cp}, \quad (22)$$

где  $L_{mp}$  – расстояние между местом набора грунта и местом его отсыпки, принимается равным 1000 м;

$V_{cp}$  – средняя скорость движения машины, принимается равным 3,3 м/с » [16].

$$t_{cp} + t_{воз} = \frac{1000}{3,3} = 303 \text{ с,}$$

$$T_u = 90 + 303 + 20 + 45 = 458 \text{ с,}$$

$$П = 3600 \cdot \frac{7 \cdot 1,1}{458 \cdot 1,3} = 46,5 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

«Эксплуатационная производительность машины:

$$П_{э.см} = П \cdot K_B \cdot n_c, \quad (23)$$

где  $n_c$  – продолжительность смены, при односменной работе, принимается равной 8 ч.;

$K_B$  – коэффициент использования машины во времени, принимается равным 0,85» [17].

$$П_{э.см} = 46,5 \cdot 0,85 \cdot 8 = 316,2 \text{ м}^3/\text{см.}$$

«Удельная энергоёмкость машины в смену:

$$N_{y\partial} = \frac{N}{\Pi_{\text{Э.СМ}}}, \quad (24)$$

где  $N$  – мощность двигателя, кВт» [17].

$$N_{y\partial} = \frac{165}{226,1} = 0,73 \text{ кВт/м}^3.$$

«Удельная металлоемкость машины:

$$m_{y\partial} = \frac{m}{\Pi_{\text{Э.СМ}}}, \quad (25)$$

где  $G$  – масса машины, кг» [17].

$$m_{y\partial} = \frac{20000}{226,1} = 88,46 \text{ кг/м}^3.$$

«Трудозатраты на 1 м<sup>3</sup> грунта:

$$T = \frac{n_0}{\Pi_{\text{Э.СМ}}}, \quad (26)$$

где  $n_0$  – число операторов, обслуживающих скрепер во время смены, принимается равным 1» [19].

$$T = \frac{1}{226,1} = 0,0044.$$

Обобщенный показатель, определяется перемножением трех последних характеристик:

$$\Pi_{\text{об}} = \frac{N \cdot G \cdot n_0}{\Pi_{\text{Э.СМ}}}, \quad (27)$$

Подставляем ранее полученные значения и получаем:

$$P_{об} = \frac{0,73 \cdot 88,46 \cdot 1}{226,1} = 0,285.$$

Показатель обобщения равен 0,285.

### 3.3 Тяговый расчет самоходного скрепера

Величина силы тяги должна быть меньше или равна силе свободной тяги тягача:

$$P_m \leq T. \quad (28)$$

Необходимую тягу для заполнения ковша скрепера с элеваторной загрузкой обычно определяют по формуле 29. Общее сопротивление, преодолеваемое тягачом, состоит из двух: сопротивления перемещению груженого скрепера, резанию:

$$W_n = W_1 + W_2 = (G_c + G_{cp}) \cdot (f \pm i) + K \cdot B \cdot h, \quad (29)$$

где  $G_c, G_{cp}$  – соответственно силы тяжести порожнего скрепера и грунта в ковше;

$f$  – коэффициент сопротивления перемещению, принимается равным 0,1 [2];

$K$  – удельное сопротивление резанию грунта ножом скрепера,

$K = 80000 \dots 10000 \text{ Н/м}^2$  [5];

$h$  – глубина резания, принимается равной 310 мм [2];

$i$  – уклон дороги.

Сила тяжести порожнего самоходного скрепера определяется по формуле:

$$G_c = a_m \cdot g \cdot q, \quad (30)$$

где  $a_m$  – удельная материалоемкость самоходного скрепера,

$$a_m = 2,22 \dots 2,5 \text{ т/м}^3.$$

$$G_c = 2,5 \cdot 9,8 \cdot 7 = 171,5 \text{ кН.}$$

Вес грунта в ковше определяется по формуле:

$$G_{cp} = q \cdot k_H \cdot g, \quad (31)$$

где  $k_H$  – коэффициент наполнения ковша,  $k_H = 1,1 \dots 1,2$  [1].

$$G_{cp} = 7 \cdot 1,1 \cdot 9,8 = 75,46 \text{ кН,}$$

$$P_m = (171,5 + 75,46) \cdot 0,1 + 100 \cdot 2,4 \cdot 0,31 = 99,04 \text{ кН.}$$

Найдём свободную силу тяги тягача:

$$T = G_T \cdot \varphi_c, \quad (32)$$

где  $G_T$  – сцепная нагрузка на ведущие колеса тягача:

$\varphi_c$  – коэффициент сцепления движителя с грунтом ненарушенной структуры  $\varphi_c = 0,55 \dots 0,65$  [1].

$$G_T = \varphi_o \cdot (G_c + G_{cp}), \quad (33)$$

где  $\varphi_o$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки на оси скрепера, принимается равным 0,62 [5].

$$G_T = 0,52 \cdot (171,5 + 75,46) = 153,11 \text{ кН,}$$

$$T = 153,11 \cdot 0,65 = 99,52 \text{ кН.}$$

Проверим условие:

$$99,52 \text{ кН} \geq 99,04 \text{ кН.}$$

Условие выполняется.

### 3.4 Расчёт баланса мощности самоходного скрепера

«При определении номинальной мощности  $N$ , кВт, двигателя скрепера определяющим режимом работы является установившееся движение груженого скрепера по горизонтальной поверхности.

$$N = \frac{(G_c + G_{zp}) \cdot f \cdot v_{zp}}{\eta_m}, \quad (34)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению;

$\eta_m$  – КПД трансмиссии скрепера;

$v_{zp}$  – скорость движения гружёного скрепера, м/с» [19].

$$N = \frac{(171,5 + 75,46) \cdot 0,035 \cdot 12,2}{0,8} = 131,8 \text{ кВт.}$$

«Максимальная скорость по технической характеристике при движении порожнего скрепера составляет 44 км/ч. Мощность двигателя  $N_1$ , кВт, при данном режиме определяется по формуле:

$$N_1 = \frac{G_c \cdot f \cdot v_{max}}{\eta_m}, \quad (35)$$

где  $G_c$  – вес порожнего скрепера, кН;

$v_{max}$  – максимальная скорость скрепера по его технической характеристике, м/с» [20].

$$N_1 = \frac{171,5 \cdot 0,035 \cdot 12,2}{0,8} = 91,5 \text{ кВт.}$$

Теоретическая производительность скрепера по объёму грунта в плотном теле:

$$P_{оэ} = 1000 \cdot B \cdot h \cdot V_{сп}, \quad (36)$$

$$P_{оэ} = 1000 \cdot 2,4 \cdot 0,31 \cdot 1,53 = 1138 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Для синхронной работы ножа скрепера и скребкового элеватора необходимо, чтобы весь грунт, вырезаемый ножом, подавался в ковш элеватором. Это условие может быть записано следующим образом:

$$P_{мэ} \leq P_{оэ} \quad (37)$$

Производительность теоретическая скребкового элеватора:

$$P_{мэ} = \frac{k_n}{k_p}, \quad (38)$$

$$P_{мэ} = 1138 \cdot 0,58 = 660,04.$$

Условие выполняется.

«Мощность, расходуемая на подъём грунта скребковым элеватором:

$$N_n = \frac{P_{оэ} \cdot \gamma_{сп} \cdot H}{270000 \cdot \eta_{ц}}, \quad (39)$$

где  $H$  – высота наполнения ковша, принимается равной 1,8 м [2];

$\eta_{ц}$  – КПД рабочей цепи скребкового элеватора, принимается равным 0,5 [2];

$\gamma_{zp}$  – плотность грунта в разрыхленном состоянии: плотность грунта,  
 $\gamma = 1600..1800 \text{ кг/м}^3$  [1];  
 $k_p$  – коэффициент разрыхления грунта, принимается равным 1,3»  
[2].

$$\gamma_{zp} = \frac{\gamma}{k_p}, \quad (40)$$

$$\gamma_{zp} = \frac{1600}{1,3} = 1231 \text{ кг/м}^3.$$

Подставим значения в формулу:

$$N_n = \frac{1138 \cdot 1231 \cdot 1,8}{270000 \cdot 0,5} = 14,52 \text{ кВт.}$$

«Мощность, затрачиваемая на трение грунта, находящегося между скребками элеватора, о грунте в ковше:

$$N_{mp} = \frac{P_{ос} \cdot \gamma_{zp} \cdot H \cdot \mu_1 \cdot ctg \alpha}{270000 \cdot \eta_u}, \quad (41)$$

где  $\alpha$  – угол наклона скребкового элеватора» [23].

$$N_n = \frac{1138 \cdot 1231 \cdot 1,4 \cdot 0,57 \cdot 1,42}{270000 \cdot 0,5} = 11,75 \text{ кВт.}$$

Общая мощность, затрачиваемая на привод элеватора:

$$N_n = N_{mp} + N_n, \quad (42)$$

$$N_n = 11,75 + 14,52 = 26,2 \text{ кВт.}$$

Составляем баланс мощности:

$$N_{Emax} \geq N_{mp} + N_n + N_1. \quad (43)$$

Исходя из данного условия, на скрепере устанавливаем двигатель ЯМЗ-238АМ2-1 с номинальной мощностью двигателя 165 кВт.

Также стоит отметить, что данный двигатель взаимозаменяем с двигателями ЯМЗ-238АМ, которые устанавливались на скреперы до 1988 года и с двигателями ЯМЗ-238А, которые устанавливались до августа 1985 года.

### 3.5 Расчёт модернизированного элеватора

Расчёт привода модернизированного элеватора.

«Элеватор выполняется в виде двух пластинчатых цепей, к которым крепятся скребки. На нижнем ведомом валу устанавливаются натяжные звездочки, а на верхнем ведущем валу ведущие звездочки. Привод ведущего вала осуществляется от гидромотора через коническо-цилиндрический редуктор.

Сперва проводим подбор гидродвигателя по общей мощности затрачиваемой на привод элеватора. Выбираем аксиально-поршневой гидромотор типа 310.2.28.01.03, который имеет следующие характеристики: мощность  $N_{сд}$  равная 28,67 кВт, частота вращения 1200 об/мин» [24].

Определяем общее передаточное число привода по формуле [13]:

$$u_{прив} = u_{ред} = \frac{n_{сд}}{n_4}, \quad (44)$$
$$u_{прив} = u_{ред} = \frac{1200}{50} = 24.$$

Передаточное отношение тихоходной цилиндрической ступени определяется по формуле:

$$u_{ц.п.}^m = 1,1\sqrt{u_{ред}}, \quad (45)$$

$$u_{ц.п.}^m = 1,1 \cdot \sqrt{24} = 5,28.$$

Передаточное отношение быстроходной конической ступени определяется по формуле [16]:

$$u_{к.п.}^{\delta} = \frac{u_{ред}}{u_{ц.п.}^m}, \quad (46)$$

$$u_{к.п.}^{\delta} = \frac{24}{5,28} = 4,54.$$

Определяем частоты вращения валов привода по формулам:

$$n_1 = n_{ном} = 1200 \text{ об/мин.}; \quad (47)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{к.п.}^{\delta}}, \quad (48)$$

$$n_2 = \frac{1200}{4,54} = 264,31 \text{ об/мин.},$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{ц.п.}^m}, \quad (49)$$

$$n_3 = \frac{264,31}{5,28} = 50 \text{ об/мин.},$$

$$n_4 = n_3 = 50 \text{ об/мин.}$$

Определяем мощности на валах привода по формулам [16]:

$$N_1 = P_{\text{до}} = 28,67 \text{ кВт}, \quad (50)$$

$$N_2 = N_1 \eta_2 \eta_4, \quad (51)$$

$$N_2 = 28,67 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 26,4 \text{ кВт.}$$

$$N_3 = N_2 \eta_3 \eta_4, \quad (52)$$

$$N_3 = 26,4 \cdot 0,92 \cdot 0,99 = 24,04 \text{ кВт.}$$

$$N_4 = N_3 \eta_4 \eta_5, \quad (53)$$

$$N_4 = 15,84 \cdot 0,99 \cdot 0,96 = 22,06 \text{ кВт.}$$

Определяем крутящие моменты на валах по формулам [16]:

$$T_I = \frac{N_1 \cdot 60}{2\pi n_1}, \quad (54)$$

$$T_I = \frac{28,67 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 1200} = 137,29 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_{II} = \frac{N_2 \cdot 60}{2\pi n_2}, \quad (55)$$

$$T_{II} = \frac{26,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 264,31} = 159,6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_{III} = \frac{N_3 \cdot 60}{2\pi n_3},$$

$$T_{III} = \frac{24,04 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 190,67 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_{IV} = \frac{N_4 \cdot 60}{2\pi n_4}, \quad (56)$$

$$T_{IV} = \frac{22,06 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 231,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По полученному значению выбираем из каталога наиболее подходящий редуктор КЦ1-250, с крутящим моментом на выходном валу 250 Н·м.

Расчёт ведущего вала элеватора.

Исходные данные к расчёту:

- крутящий момент ведущего вала  $T = 231 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;
- частота вращения ведущего вала элеватора  $n = 49,84 \text{ мин}^{-1}$ ;
- окружная сила  $F_t = 2026 \text{ Н}$ ;

- диаметр окружности впадин ведущей звездочки элеватора  
 $d_2 = 228 \text{ мм}$ ;
- материал вала ведущего вала – Сталь 45, термообработка – улучшение,  $\sigma_B = 850 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_T = 700 \text{ МПа}$ .

Определение геометрических параметров вала [16].

«Приближенно оцениваем средний диаметр вала:

$$d_{\text{ск}} = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}}, \quad (57)$$

где  $T$  – крутящий момент на валу;

$[\tau]$  – допускаемое напряжение, принимается равным 12 МПа» [28].

$$d_{\text{ск}} = \sqrt[3]{\frac{231}{0,2 \cdot 12 \cdot 10^6}} = 50 \text{ мм.}$$

Определяем силы в зацеплении:

Окружная сила:

$$F_{a1} = F_{t2} = \frac{2T}{d_2}, \quad (58)$$

$$F_{a1} = F_{t2} = \frac{2 \cdot 231}{228 \cdot 10^{-3}} = 2026 \text{ Н.}$$

Радиальная сила:

$$F_r = F_{t2} \cdot \text{tg} \alpha_x, \quad (59)$$

$$F_r = 2026 \cdot \text{tg} 20^\circ = 737 \text{ Н.}$$

Определяем нагрузку на выходном конце вала:

$$F_m = 250 \cdot \sqrt{T}, \quad (60)$$

$$F_m = 250 \cdot \sqrt{632,45} = 3799 \text{ Н.}$$

$$M_a = F_{a1} \cdot \frac{d_{ek}}{2}, \quad (61)$$

где  $F_{a1}$  – осевая сила.

$$M_a = 2026 \cdot \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2} = 230 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определение реакций опор.

Определяем реакции в опорах и строим эпюры изгибающих и вращающих моментов (рисунок 16).

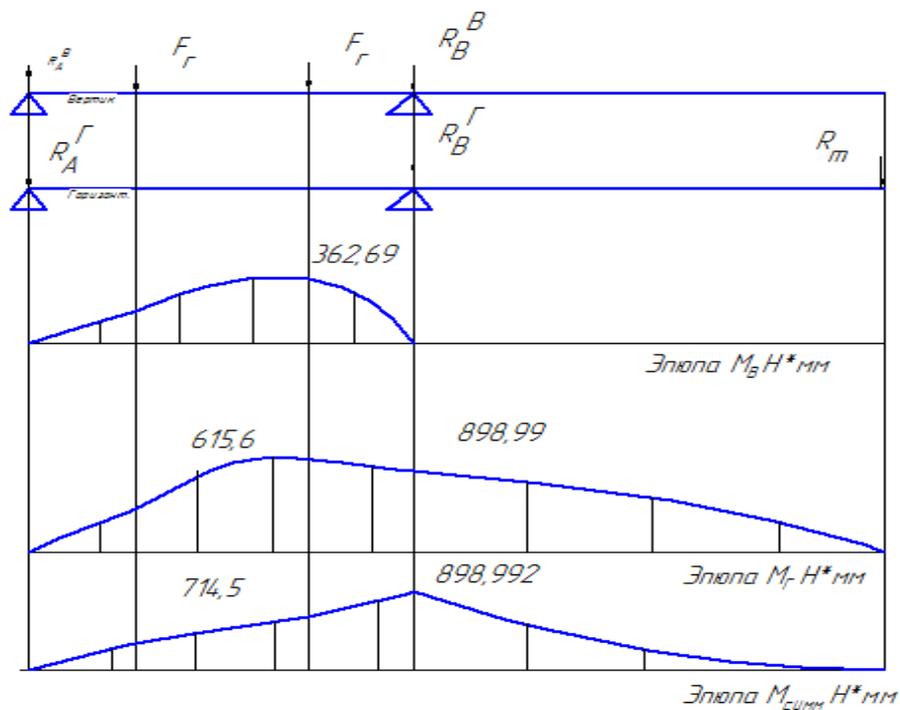


Рисунок 16 – Эпюра эпюры изгибающих и вращающих моментов

Составим уравнения моментов сил действующих вертикальной плоскости:

$$\Sigma M_A = 0, \quad (62)$$

$$-F_r \cdot a - F_r \cdot b + R_B^B \cdot (a + b + c) + M_a = 0,$$

$$R_B^B = \frac{F_r \cdot a - F_r \cdot b - M_a}{a + b + c},$$

$$R_B^B = \frac{737 \cdot 500 + 737 \cdot 500 - 230}{500 + 500 + 1600} = -1821 \text{ Н},$$

$$\Sigma M_B = 0,$$

$$-R_A^B \cdot (a + b + c) + F_r \cdot b + F_r \cdot c + M_a = 0,$$

$$R_A^B = \frac{F_r \cdot b + F_r \cdot c + M_a}{a + b + c},$$

$$R_A^B = \frac{737 \cdot 500 + 737 \cdot 500 + 230}{2100} = 2558 \text{ Н},$$

$$M_1^e = R_A^B \cdot a,$$

$$M_1^e = 2558 \cdot 0,055 = 140,69 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_2^e = R_B^B \cdot b,$$

$$M_2^e = -1821 \cdot 0,049 = -89,22 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Составим уравнения моментов сил действующих в горизонтальной плоскости:

$$\Sigma M_a = 0, \tag{63}$$

$$F_t \cdot a + R_B^{\Gamma} \cdot (a + b + c) - F_m \cdot (a + b + c + d) = 0,$$

$$R_B^{\Gamma} = \frac{F_m \cdot (a + b + c) - F_t \cdot a}{a + b + c},$$

$$R_B^{\Gamma} = \frac{3799 \cdot 0,232 - 2026 \cdot 0,055}{2100} = 7403 \text{ Н},$$

$$\Sigma M_B = 0,$$

$$R_A^{\Gamma} \cdot (a + b + c) + F_t \cdot b + F_m \cdot c = 0,$$

$$R_A^{\Gamma} = \frac{-F_t \cdot b - F_m \cdot c}{a + b + c},$$

$$R_A^{\Gamma} = \frac{-2026 \cdot 0,049 - 3799 \cdot 0,128}{2100} = -5630 \text{ Н},$$

$$M_1^e = R_A^{\Gamma} \cdot a,$$

$$M_1^e = 7403 \cdot 0,055 = -407 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_2^e = F_m \cdot c,$$

$$M_2^e = 3799 \cdot 0,128 = 486 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Просчитываем предполагаемые опасные сечения:

$$M' = \sqrt{(M_1^e)^2 + (M_1^c)^2}, \quad (64)$$
$$M' = \sqrt{140,69^2 + (-407)^2} = 430 \text{ Н}\cdot\text{м},$$
$$M'' = M_2^c = 486 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Расчёт вала на усталостную прочность.

«Расчёт на прочность ведётся по опасному сечению вала. При совместном действии напряжений кручения и изгиба должно выполняться условие:

$$S > [S] = 1,5 \dots 3, \quad (65)$$

где  $S$  – коэффициент запаса сопротивления усталости;

$[S]$  – допустимый запас сопротивления усталости» [28].

«Запас сопротивления усталости  $S$  находим по формуле:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}}, \quad (66)$$

где  $S_\sigma, S_\tau$  – коэффициенты запаса усталостной выносливости по напряжению изгиба и кручения соответственно» [28].

Запас сопротивления усталости при изгибе:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m}. \quad (67)$$

«Запас сопротивления усталости при кручении:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}, \quad (68)$$

где  $\sigma_{-1}$ ,  $\tau_{-1}$  – пределы выносливости;

$K_{\sigma D}$ ,  $K_{\tau D}$  – коэффициенты концентрации напряжений в опасном сечении при изгибе и кручении соответственно;

$\sigma_a$ ,  $\tau_a$  – амплитуды переменных составляющих циклов напряжений;

$\sigma_m$ ,  $\tau_m$  – средние напряжения циклов изгиба и кручения;

$\psi_{\sigma}$ ,  $\psi_{\tau}$  – коэффициенты, корректирующие влияние средних напряжений циклов изгиба и кручения на сопротивление усталости» [23].

Пределы выносливости определяются по формулам:

$$\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_B, \quad (69)$$

$$\sigma_{-1} = 0,4 \cdot 850 = 340 \text{ МПа},$$

$$\tau_{-1} = 0,2 \cdot \sigma_B, \quad (70)$$

$$\tau_{-1} = 0,2 \cdot 850 = 170 \text{ МПа}.$$

Определяем напряжение изгиба:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W} = \frac{M}{0,1 \cdot d_{3\kappa}^3}, \quad (71)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{480}{0,1 \cdot 0,055^3} = 28,8 \text{ МПа}.$$

Определяем напряжение кручения:

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} = \frac{T}{0,2 \cdot d_n^3}, \quad (72)$$

$$\tau_{\max} = \frac{231}{0,2 \cdot 0,05^3} = 9,2 \text{ МПа}.$$

Амплитуды переменных составляющих циклов напряжений согласно принятому выше условию при расчёте вала будут следующие:

$$\sigma_m = 0, \sigma_a = \sigma_{max} = 28,8 \text{ МПа.}$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{max}}{2}, \quad (73)$$

$$\tau_a = \frac{9,2 \cdot 10^6}{2} = 4,6 \text{ МПа.}$$

«Рассчитаем коэффициенты концентрации напряжений в опасном сечении при изгибе и кручении:

$$K_{\sigma D} = \frac{\frac{K_\sigma + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1}{K_{d\sigma}}}{K_{V\sigma}}, \quad (74)$$

$$K_{\tau D} = \frac{\frac{K_\tau + \frac{1}{K_{F\tau}} - 1}{K_{d\tau}}}{K_{V\tau}},$$

где  $K_\sigma, K_\tau$  – эффективные коэффициенты концентрации напряжений;

$K_{d\sigma}, K_{d\tau}$  – коэффициенты, учитывающие размеры вала;

$K_{F\sigma}, K_{F\tau}$  – коэффициенты, учитывающие качество поверхности;

$K_{V\sigma}, K_{V\tau}$  – коэффициенты, учитывающие наличия поверхностного упрочнения;

$K_\sigma$  и  $K_\tau$  зависят от вида концентраций напряжений в опасном сечении. Величину отношения  $\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}}$  для валов определяют по таблице справочника [16]. Для посадок с натягом – по эмпирической формуле:

$$\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (75)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывает размеры вала;

$K_2$  – коэффициент, учитывает материал вала;

$K_3$  – коэффициент, учитывает влияние посадки» [11].

Определяем эти коэффициенты:

$$K_1 = 0,38 + 1,48 \cdot \lg(112,5) = 3,42,$$

$$K_1 = 0,38 + 1,48 \cdot \lg(112,5) = 3,42 \text{ – при } d < 150 \text{ мм};$$

$$K_2 = 0,305 + 0,0014 \cdot \sigma_B, \quad (76)$$

$$K_2 = 0,305 + 0,0014 \cdot 850 = 1,495,$$

$$K_3 = 0,65 + 0,014 \cdot p,$$

где  $p$  – удельное давление посадки на вал, принимается равным 15 МПа.

$$K_3 = 0,65 + 0,014 \cdot 15 = 0,86 \text{ – при } p \leq 25 \text{ МПа.}$$

Подставляем полученные значения в формулу

$$\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}} = 3,42 \cdot 0,65 \cdot 0,86 = 1,911.$$

Величину отношения  $\frac{K_\tau}{K_{d\tau}}$  определяют по зависимости:

$$\frac{K_\tau}{K_{d\tau}} \approx 0,6 \cdot \frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}}, \quad (77)$$

$$\frac{K_\tau}{K_{d\tau}} \approx 0,6 \cdot 1,911 = 1,14.$$

В зависимости от шпоночного паза и  $\sigma_v$ ,  $K_\sigma = 2$  и  $K_\tau = 1,7$ .

«Величины, учитывающие размеры вала оцениваем по формулам:

$$K_{d\sigma} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{d}{7,5} \right)^{-2V_\sigma} \right], \quad (78)$$

$$K_{d\tau} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{d}{7,5} \right)^{-2V_\tau} \right], \quad (79)$$

где  $d$  – диаметр колеса, мм» [5].

Значение  $V_\sigma$  определяем по формуле:

$$V_\sigma = 0,19 - 1,25 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_B, \quad (80)$$

$$V_\sigma = 0,19 - 1,25 \cdot 10^{-4} \cdot 850 \cdot 10^6 = 0,1 \text{ МПа.}$$

Значение  $V_\tau$  увеличивают в 1,5 раза:

$$V_\tau = 1,5 \cdot V_\sigma, \quad (81)$$

$$V_\tau = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15 \text{ МПа.}$$

Рассчитаем величины, учитывающие размеры вала:

$$K_{d\sigma} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{0,228}{7,5} \right)^{-2 \cdot 0,15} \right] = 1,92.$$

Определяем величины отношений  $\frac{K_\tau}{K_{d\tau}}$  и  $\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}}$ :

$$\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}} = \frac{2}{1,92} = 1,04,$$

$$\frac{K_\tau}{K_{d\tau}} = \frac{1,7}{1,92} = 0,88.$$

Выбираем наибольшие значения отношений:  $\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}} = 1,04$  и  $\frac{K_\tau}{K_{d\tau}} = 0,88$ .

Рассчитаем коэффициенты, учитывающие качество поверхности по формулам:

при изгибе при  $R_z > 1$ :

$$K_{F\sigma} = 1 - 0,22 \left[ \lg \left( \frac{\sigma_B}{20} \right) - 1 \right] \lg R_z \quad (82)$$

где  $R_z$  – шероховатость поверхности.

$$K_{F\sigma} = 1 - 0,22 \left[ \lg \left( \frac{850 \cdot 10^6}{20} \right) - 1 \right] \lg 1,6 = 0,71.$$

при кручении:

$$K_{F\tau} = 0,575 \cdot K_{F\sigma} + 0,425, \quad (83)$$

$$K_{F\tau} = 0,575 \cdot 0,71 + 0,425 = 0,833. ;$$

Рассчитаем коэффициенты концентрации напряжений в опасном сечении при изгибе:

$$K_{\sigma D} = \frac{1,04 + \frac{1}{0,71} - 1}{1} = 1,44.$$

Величины  $\psi_\sigma$ ,  $\psi_\tau$  зависят от механических характеристик материала.

По ГОСТ 25.504-82 рекомендуют:

$$\psi_\sigma = 0,02 - 2 \cdot 10^{-4} \sigma_B, \quad (84)$$

$$\psi_\tau = 0,5 \cdot \psi_\sigma, \quad (85)$$

$$\psi_\sigma = 0,02 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot 850 \cdot 10^6 = 0,17 \text{ МПа},$$

$$\psi_\tau = 0,5 \cdot 0,17 = 0,085 \text{ МПа}.$$

Рассчитываем запас сопротивления усталости при изгибе:

$$S_{\sigma} = \frac{340 \cdot 10^6}{1,44 \cdot 28,8 \cdot 10^6 + 0,17} = 8,19.$$

Рассчитываем запас сопротивления усталости при кручении:

$$S_{\tau} = \frac{170 \cdot 10^6}{1,9 \cdot 4,6 \cdot 10^6 + 0,085 \cdot 4,6 \cdot 10^6} = 18,6.$$

Рассчитываем запас сопротивления усталости:

$$S = \frac{8,19 \cdot 18,6}{\sqrt{8,19^2 + 18,6^2}} = 7,61.$$

Сравниваем с допускаемым запасом сопротивления усталости:

$$S > [S] = 1,5 \dots 3.$$

Усталостная прочность обеспечена.

Произведём расчет подшипников ведущего вала элеватора [16].

Выбираем роликовый радиально-упорный конический подшипник основного конструктивного исполнения повышенной грузоподъемности с нормальным углом контакта от 10 до 17 град предназначенного для восприятия радиальной и осевой силы.

Исходные данные:

- радиальная нагрузка:  $F_r = 1,5$  кН;
- суммарная осевая нагрузка:  $F_a = 1,7$  кН.

Принимаем продолжительность работы подшипника  $L_h = 500000$  часов, тогда:  $K_D = 1,2$  – коэффициент изменения внешней нагрузки,  $K_T = 1,25$  – температурный коэффициент подшипникового узла.

Предварительно принимаем подшипник 3611 ГОСТ5721-75, геометрические размеры которого:  $B=40$  мм,  $D=110$  мм,  $d=50$  мм,  $C_0=110$  кН,  $C=150$  кН.

Определив отношение  $\frac{F_A}{C_0} = \frac{1,7}{101} = 0,016$ , по таблице [16], определяем значение  $e$ :  $\alpha = 15^\circ \Rightarrow e = 0,3$ .

«Находим отношение

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} > e, \quad (86)$$

где  $e$  – коэффициент вращения при вращении внутреннего кольца по отношению к направлению нагрузки» [16].

$$K_{\tau D} = \frac{1,7 + \frac{1}{0,833} - 1}{1} = 1,9.$$

Из таблицы [16], определяем коэффициенты радиальной и осевой нагрузок:  $X = 0,56$ ;  $Y = 1,47$ .

Находим эквивалентную динамическую нагрузку:

$$P_r = [X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a] \cdot K_D \cdot K_T, \quad (87)$$

$$P_r = [0,56 \cdot 1 \cdot 1,5 + 1,47 \cdot 1,7] \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 41,7 \text{ кН.}$$

Расчетная динамическая радиальная грузоподъемность:

$$C_{расч} = \sqrt[3]{60 \cdot n \cdot L_h / 10^6}, \quad (88)$$

где  $L_h$  – продолжительность работы, ч.;

$p$  – для роликовых подшипников принимается равным 3,33.

$$C_{расч} = 41,7 \cdot \sqrt[3]{60 \cdot 28,8 \cdot 0,5} = 147 \text{ кН.}$$

Так как  $C \geq C_{расч}$ , то условие динамической грузоподъемности выполняется.

Принимаем роликовые радиально-упорные конические двухрядные подшипники 3611 по ГОСТ5721-75.

Расчёт возвратно-упругой пружины элеватора.

Исходные данные к расчёту: наибольшая рабочая нагрузка  $P_{кон} = 50$  кН; начальная (установочная нагрузка)  $P_{нач} = 20$  кН; рабочий ход  $x = 40$  мм.

Пружина работает в нормальных условиях, при статической нагрузке. Смена пружины в случае поломки не затруднена.

Выбираем в качестве материала для пружины проволоку класса II повышенной прочности ГОСТ 9389-60. По таблице [17] для указанной пружины предельно допустимое напряжение  $[\tau]_{пред} = 0,5\sigma_{вр}$ , предел прочности  $\sigma_{вр}$ , а следовательно, и  $[\tau]_{пред}$  в сильной степени зависят от диаметра проволоки.

Задаёмся допускаемым рабочим напряжением  $[\tau]_к = 6000$  кг/см<sup>2</sup>.

Оценим примерные размеры пружины по таблице [17]. Руководясь данным примером применения получим:

$$P_0 = P_{кон} \frac{10}{60}, \quad (89)$$

$$P_0 = 50 \cdot \frac{10}{60} = 8,35 \text{ кг.}$$

Силе  $P_{10} = 16,6$  кг, по таблице [17] соответствует пружина из проволоки диаметром  $d = 8$  мм с индексом  $c = 6$ .

Средний диаметр пружины рассчитываем по формуле:

$$D = c \cdot d, \quad (90)$$

$$D = 6 \cdot 4 = 24 \text{ мм.}$$

По таблице [17] проволока диаметром 8 мм класса II имеет  $\sigma_{вр} = 15000$  кг/см<sup>2</sup> и выше. Следовательно, допускаемое рабочее напряжение  $[\tau]_к = 6000$  кг/см<sup>2</sup> выбрано примерно правильно. Предельно допустимое напряжение равно:  $[\tau]_{к.пред.} = 0,5 \cdot \sigma_{вр} = 7500$  кг/см<sup>2</sup>.

Проведём уточнённый проверочный расчёт пружины на прочность, если  $d = 4$  мм,  $D = 24$  мм.

Наибольшее напряжение в сечении витков при  $P_{кон}$  по формуле:

$$\tau_{кон} = \frac{8 \cdot h \cdot P_{кон} \cdot D}{\pi \cdot d^3}, \quad (91)$$

$$\tau_{кон} = \frac{8 \cdot 1,24 \cdot 50 \cdot 2,4}{3,14 \cdot 0,4^3} = 5930 \text{ кг/см}^2.$$

Устанавливаем по формулам необходимое число рабочих витков пружины, принимая модуль сдвига  $G = 8 \cdot 10^5$  кг/см<sup>2</sup>:

$$i = \frac{xGd}{8c^3(P_{кон} - P_{нач})}, \quad (92)$$

$$i = \frac{4 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 0,4}{8 \cdot 6^3 \cdot (50 - 20)} \approx 25 \text{ витков.}$$

Определим длину занятую витками:

$$H_d = i \cdot d, \quad (93)$$

$$H_d = 25 \cdot 4 = 100 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр пружины:

$$D_a = D + d, \quad (94)$$

$$D_a = 24 + 4 = 28 \text{ мм.}$$

Внутренний диаметр пружины:

$$D_i = D - d, \quad (95)$$

$$D_i = 24 - 4 = 20 \text{ мм.}$$

Конструкция пружины в целом определяется видом её крепления. Пружина должна быть свита холодным способом с предварительным натягом. Если конструкция рассчитанной пружины окажется по каким-либо соображениям не совсем удачной, расчёт следует повторить исходя из другого индекса  $c = D/d$ .

Характеристика рассчитанной пружины представлена на рисунке 17.

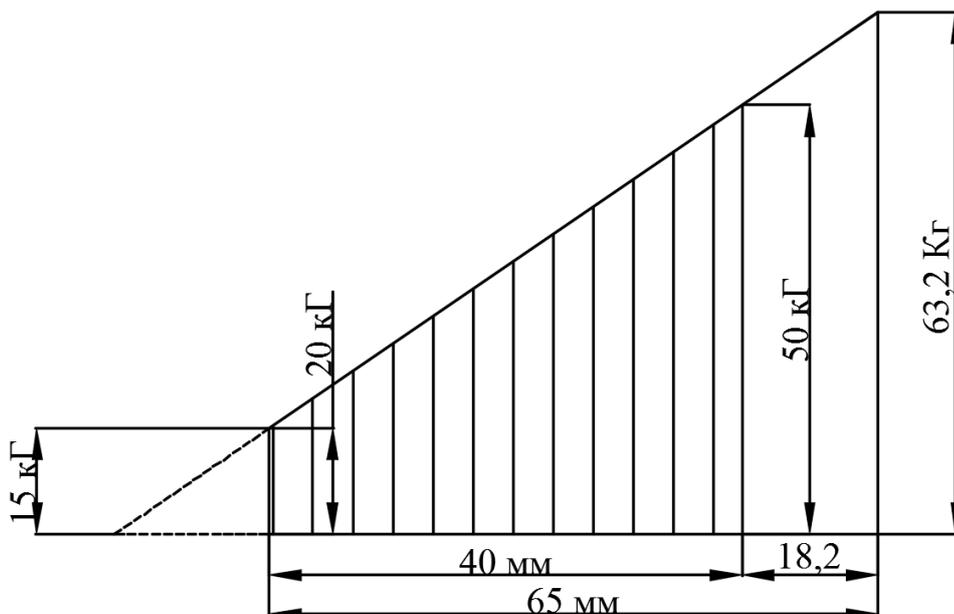


Рисунок 17 – Характеристика рассчитанной пружины растяжения

Предварительный натяг, достигаемый путем закрытой навивки, целесообразно сделать несколько меньше, чем 20 кг (например, 15 кг). Так как начальный участок характеристики может быть неленейным, необходимо сохранить возможность регулировки, так как только таким способом можно будет добиться точной величины заданного начального натяжения 20 кг.

Предварительное напряжение витков пружины, достигаемое закрытой навивкой и соответствующее её силе 15 кг равно:

$$\tau_0 = \frac{8 \cdot h \cdot P_0 \cdot D}{\pi \cdot d^3}, \quad (96)$$

$$\tau_0 = \frac{8 \cdot 1,24 \cdot 15 \cdot 2,4}{3,14 \cdot 0,4^3} = 1780 \text{ кг/см}^2.$$

Регулировочный ход  $s$  устанавливается исходя из предельного допускаемого напряжения  $[\tau]_{x \text{ пред}} = 7500 \text{ кг/см}^2$ . Тогда по формуле [17]:

$$P_{\text{пред}} = \frac{\pi d^3}{8kD} [\tau]_{x \text{ пред}}, \quad (97)$$

$$P_{\text{пред}} = \frac{3,14 \cdot 0,4^3}{8 \cdot 1,24 \cdot 2,4} \cdot 7500 = 63,2 \text{ кг}.$$

Отсюда наибольший регулировочный ход равен:

$$s_{\text{max}} = \frac{8c^3}{Gd} i (P_{\text{пред}} - P_{\text{кон}}), \quad (98)$$

$$s_{\text{max}} = \frac{8 \cdot 6^3}{8 \cdot 10^3 \cdot 0,4} \cdot 25 \cdot (63,2 - 15) = 6,5 \text{ см}.$$

Полная вытяжка пружины при увеличении нагрузки от 15 кг до 63,2 кг:

$$\gamma_{\text{пред}} = \frac{8c^3}{Gd} i (P_{\text{пред}} - P_0), \quad (99)$$

$$\gamma_{пред} = \frac{8 \cdot 6^3}{8 \cdot 10^3 \cdot 0,4} \cdot 25 \cdot (63,2 - 15) = 6,5 \text{ см.}$$

Дальнейшее растяжения пружины должно быть предотвращено специальными упорами.

### 3.6 Расчёт модернизированного ковша скрепера

Выполним расчёт полного сопротивления модернизированного скрепера и мощности компрессора

Наибольшие значения сопротивлений соответствует сопротивлению грунта резанию и сопротивлению трению грунта в ковше.

Соответственно понижение этих сопротивлений в рамках модернизации ковша позволит понизить полное тяговое сопротивление.

В качестве модернизации выбирается схема, представленная на рисунке 18, поскольку именно данная схема подачи воздуха позволяет понизить нужные сопротивления без потери энергии на воздействия не имеющие отношения к заполнению ковша, такие как разгрузка.

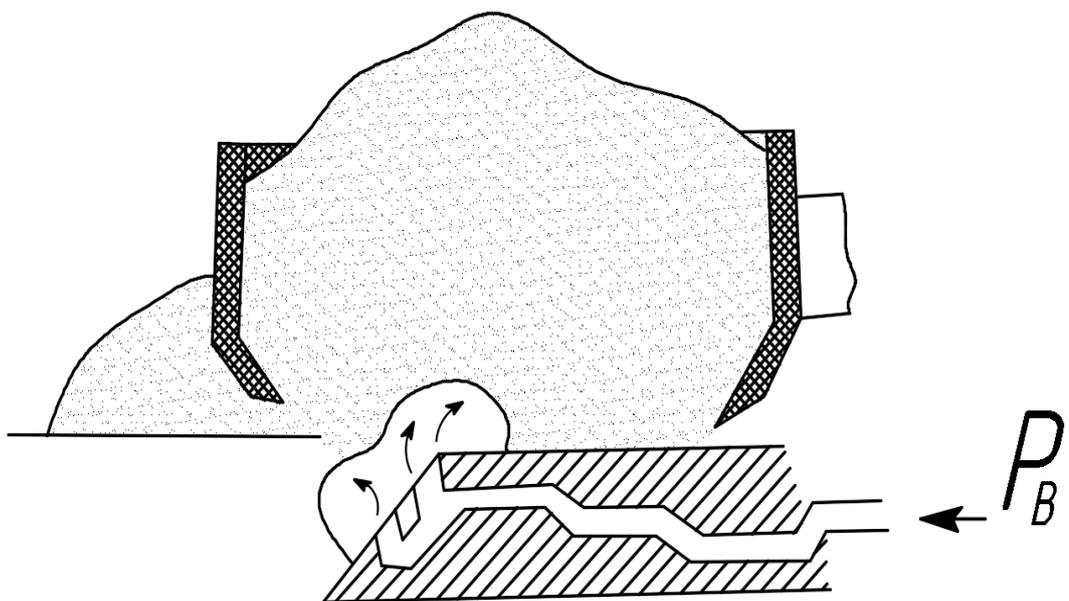


Рисунок 18 – Схема газовой смазки ковша

Днище ковша изготавливается перфорированным для подачи сжатого воздуха к грунту. Также на двигатель тягача устанавливается коробка отбора мощности для отвода части энергии на компрессор. С компрессора по магистралям расположенным на арке-хоботе и ковше сжатый воздух подается в ресивер, располагающийся на раме ковша за его задней стенкой. После из ресивера по патрубкам воздух поступает в полости ковша, а далее через отверстия в ковше попадает в зону трения грунта.

При составлении соответствующих расчетных схем предполагается, что в зоне действия газовой смазки будет наблюдаться снижение коэффициентов внутреннего и внешнего трения, а в зоне аэрации изменятся физико-химические свойства грунта, тем самым облегчив его фонтанирование в конце заполнения ковша скрепера.

Подача воздуха через отверстие у задней кромки ножа приводит к снижению силы сопротивления копания. При увеличении пути копания возрастает эффективность действия сжатого воздуха. Увеличение эффективности аэрации влажных грунтов связано со снижением просветности и коэффициента фильтрации грунта.

В случае работы со связными грунтами 2 категории, увеличение давления и расхода сжатого воздуха мало влияет на коэффициент эффективности, поэтому значения данных параметров можно принять на основе экспериментальных данных подобных скреперов проводимых на грунтах 1 категории. Также важно заметить, что данное внедрение не несет за собой увеличения нагрузки на ковш, так как его объем остается неизменным. Поэтому конструкция ковша не нуждается в каких-либо усилениях.

Исследования показывают, что в модернизированном варианте рабочего органа скрепера будет уменьшен на 20% коэффициент сопротивления грунта резанию ( $k_0$ ), так как воздух подается и непосредственно в зону резания, тогда:

$$k_p = 0,8 \cdot k_0, \quad (100)$$

$$k_p = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ кПа.}$$

Соппротивление резанию модернизированного ковша составит:

$$W_{pm} = k_p \cdot B \cdot h, \quad (101)$$

$$W_{pm} = 96 \cdot 2,4 \cdot 0,12 = 23,04 \text{ кН.}$$

Полное тяговое сопротивление модернизированного скрепера составит:

$$W_{nm} = W_{pm} + W_n \quad (102)$$

$$W_{nm} = 23,04 + 25,92 = 48,96 \text{ кН.}$$

Что является на 12% меньше чем в базовом варианте машины.

Для ковша данного объема рекомендуются следующие параметры газоздушного интенсификатора [3].

Подачу газа внутрь ковша целесообразно производить через 8 отверстий диаметром 15 мм, расположенных в 2 ряда у задней кромки режущего ножа. Воздушные коллекторы размещаются в полостях ковша.

Избыточное давление сжатого воздуха в выпускном коллекторе должно составлять 0,1 МПа. Производительность источника сжатого воздуха должна составлять 2,5 м<sup>3</sup>/мин, мощность привода компрессора устанавливается из расчета 1,5 кВт на 1 м<sup>3</sup>/мин расхода воздуха.

Таким образом, потребляемая мощность компрессора составит:

$$N_k = 1,5 \cdot 2,5 = 3,75 \text{ кВт.}$$

Выполним проверку мощности двигателя.

«При определении номинальной мощности скреперного двигателя определяющим режимом работы является установившееся движение груженого скрепера по горизонтальной поверхности при заданной

максимальной скорости транспортирования грунта и соответствующего ей коэффициента сопротивления качению:

$$N = \frac{(G_c + G_{zp}) \cdot f \cdot v_{zp}}{\eta_m} + N_k, \quad (103)$$

где  $v$  – заданная максимальная скорость транспортирования грунта, принимается равной 40 км/ч;

$f$  – коэффициент сопротивления качению, соответствующий максимальной скорости;

$\eta_t$  – полный КПД трансмиссии в транспортном режиме;

$v_{zp}$  – скорость движения гружёного скрепера, 44 км/ч = 12,2 м/с» [20].

$$N = 131,8 + 3,75 = 135,5 \text{ кВт.}$$

Мощности выбранного двигателя ЯМЗ-238АМ2-1 (рисунок 19) составляет 165 кВт.

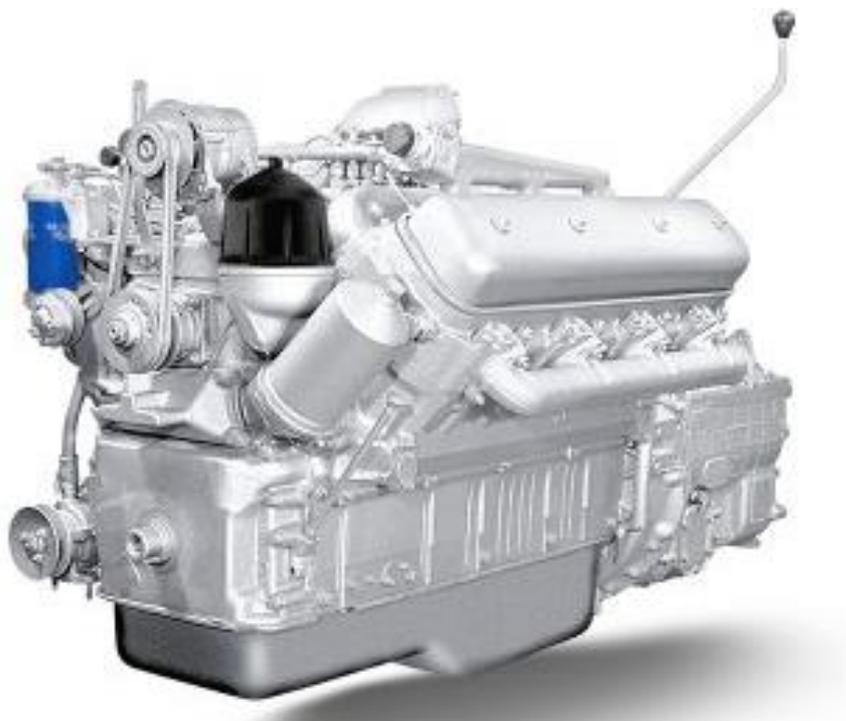


Рисунок 19 – ЯМЗ-238АМ2-1

В таблице 2 представлены технические характеристики двигателя.

Таблица 2 – Технические характеристики двигателя ЯМЗ-238АМ2-1

Технические характеристики	Значения
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	165 (225)
Частота вращения, об/мин	2100
Максимальный крутящий момент, Н·м	825
Минимальный удельный расход топлива, г/кВт·ч	228
Длина/ширина/высота, мм	2010/1005/1070
Масса с компрессором, кг	1390

Также агрегат имеет коробку отбора мощности и возможность установки компрессора производителем, что и необходимо для реализации работы газовой смазки.

Стоит отметить, что данный двигатель взаимозаменяем с двигателями ЯМЗ-238АМ, которые устанавливались на скреперы до 1988 года и с двигателями ЯМЗ-238А, которые устанавливались до августа 1985 года, производятся как с коробками переключения передач и сцеплениями, так и без них, следовательно, это не затруднит его установку, а так же существенно облегчит его ремонт и техническое обслуживание.

### **3.7 Расчет гидросистемы управления рабочими органами самоходного скрепера**

В гидросистеме самоходного скрепера установлены четыре шестерённых насоса Н1, Н2, Н3, Н4, закреплённых на специальных фланцах коробки отбора мощности.

Гидравлическая схема самоходного скрепера с элеваторной загрузкой представлена на рисунке 20.

В транспортном режиме самоходного скрепера насосы Н1, Н2 левого вращения подают рабочую жидкость в гидросистему рулевого управления, а остальные два насоса (левого и правого вращения) в гидросистему управления рабочими органами скрепера.

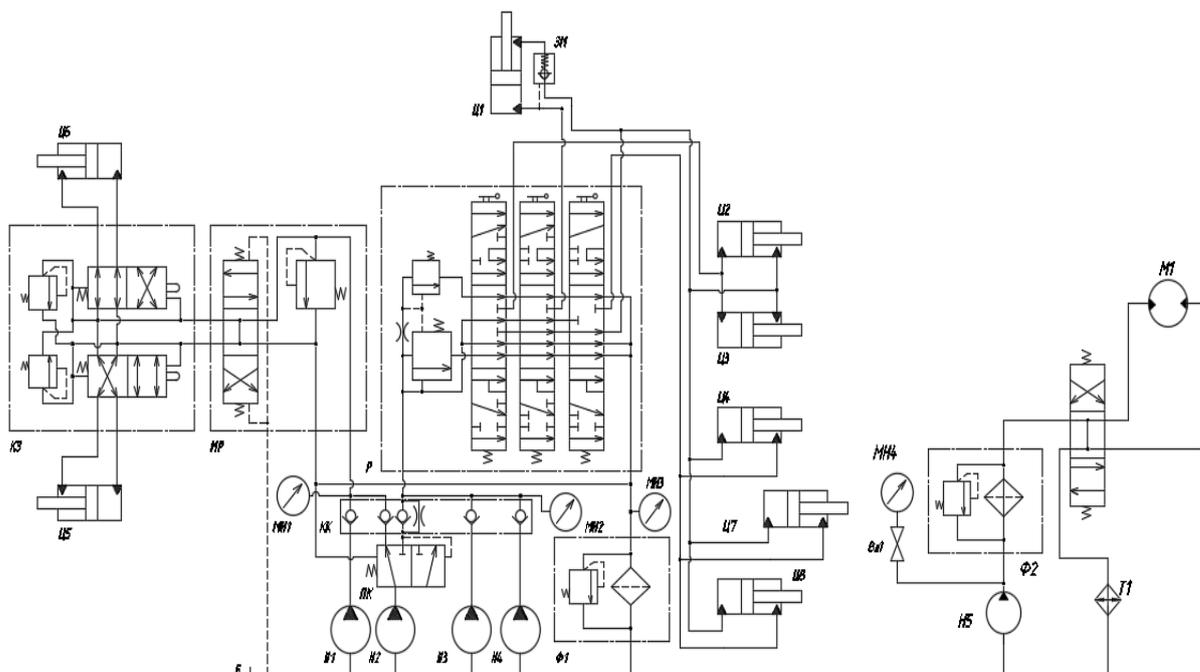


Рисунок 20 – Гидравлическая схема самоходного скрепера с элеваторной загрузкой

При включение золотника гидрораспределителя какого-либо из привода рабочих органов скрепера насос Н2 автоматически переключается в гидросистему скрепера. После возврата золотника гидрораспределителя в нейтральном положении насос Н2 автоматически переключается в гидросистему рулевого управления. При установке золотника секции гидрораспределителя привода элеватора в нижнее рабочее положение (т.е. его необходимо сместить вверх от исходного положения на одну позицию) жидкость от насоса Н5 через фильтр Ф2 будет поступать в гидромотор привода элеватора. Выполним расчет гидроцилиндров перемещения разгрузочной щели скрепера.

«Разгрузка ковша скрепера осуществляется через щель в днище ковша, которая образуется в результате перемещения специального откатного днища. Откатное днище представляет собой щит коробчатого сечения. На откатном днище установлены ролики, с помощью которых оно перемещается по направляющим ковша. Перемещение откатного днища осуществляется двумя гидроцилиндрами. Задачей расчета механизма сдвижного днища

является, определение необходимого усилия для перемещения откатного днища и подбор соответствующих гидроцилиндров» [11].

Расчетная схема механизма представлена на рисунке 21.

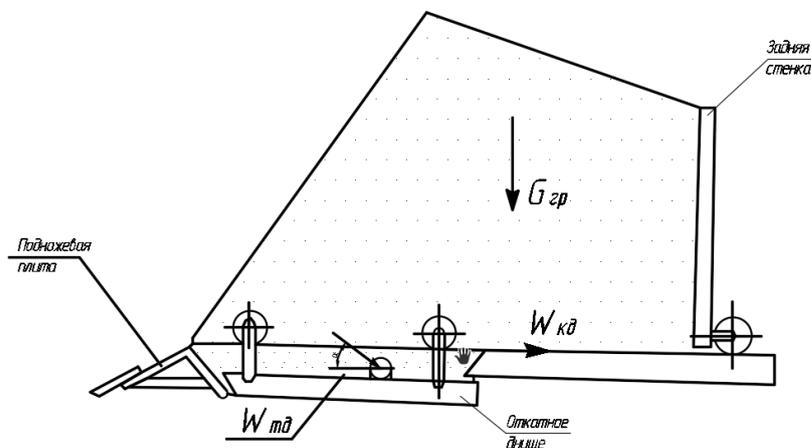


Рисунок 21 – Схема к расчету усилий, действующих на откатное днище при разгрузке ковша

«Сопротивление перемещению откатного днища  $W_B$  представим в виде суммы двух сопротивлений:

$$W_B = W_{тд} + W_{кд}, \quad (104)$$

где  $W_{тд}$  – сопротивление трения грунта в ковше об откатное днище;

$W_{кд}$  – сопротивление качению роликов откатного днища по направляющим ковша» [15].

Сопротивление трения грунта об откатное днище определяют из условия, что две трети веса грунта в ковше оказывают давление на поверхность откатного днища. Тогда  $W_{тд}$  определим из выражения [15]:

$$W_{тд} = \frac{2}{3} \cdot q \cdot G_{гр} \cdot \mu_2, \quad (105)$$

$$W_{тд} = \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 75,46 \cdot 0,4 = 140,858 \text{ кН.}$$

«Уравнение может быть определено из уравнения:

$$W_{\kappa\delta} = \left( \frac{2}{3} \cdot q \cdot G_{\text{сп}} + G_{\text{од}} \right) \cdot f, \quad (106)$$

где  $G_{\text{од}}$  – вес откатного днища, принимаем 6500 Н;

$f$  – коэффициент сопротивления качению роликов, принимается равным 0,125» [22].

$$W_{\kappa\delta} = \left( \frac{2}{3} \cdot 7 \cdot 75460 + 6500 \right) \cdot 0,125 = 44,83 \text{ кН.}$$

$$W_B = 140,858 + 44,83 = 185,688 \text{ кН.}$$

Необходимое усилие в одном гидроцилиндре для перемещения откатного днища равно [15]:

$$S_o \geq \frac{W_e}{2}, \quad (107)$$

$$S_o \geq \frac{185,688}{2} = 92,84 \text{ кН.}$$

По усилию рассчитывается диаметр гидроцилиндра следующим образом [15]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_o}{i \cdot \pi \cdot (1 - \varphi_2) \cdot P \cdot \eta_z}}, \quad (108)$$

где  $\varphi_2$  – угол внутреннего трения грунта о грунт, в соответствии с [2]

принимаем равным 25°;

$\eta_z$  – КПД привода разгрузочной щели, в соответствии с [15]

принимаем равным 0,73;

$i$  – число гидроцилиндров, принимаем равным 2;

$P$  – максимальное давление в гидроцилиндре, в соответствии с [15] принимаем равным 19,2 МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 92,84 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot (1 - 0,6^2) \cdot 19,2 \cdot 0,73}} = 87,19 \text{ мм.}$$

На основании расчетов принимаем диаметр гидроцилиндра 88 мм

### 3.8 Расчёт гидроцилиндра подъема ковша скрепера

«Основная задача расчета сводится к определению усилия, необходимого для подъема заполненного ковша, и подборе гидроцилиндров механизма. Усилие в гидроцилиндрах, необходимое для подъема и последующего удержания ковша в поднятом положении, определяется из уравнения суммы моментов сил относительно точки О, крепления упругих балок тяговой рамы к ковшу.

$$S_o = \frac{R_{ш} \cdot l_k - G_p \cdot l_g - T_{ш} \cdot h_1 - M_{ш}}{l_s}, \quad (109)$$

где  $R_{ш}$ ,  $T_{ш}$  – соответственно вертикальное и горизонтальное усилия, действующие в шкворне со стороны тягача;

$M_{ш}$  – момент в шкворне тягача;

$G_p$  – вес тяговой рамы» [12].

Схема определения усилия подъема ковша представлена на рисунке 22.

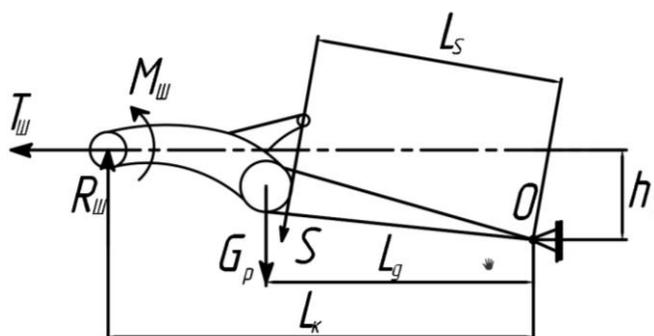


Рисунок 22 – Схема к определению усилия подъема ковша

«Для определения  $R_{ш}$ ,  $T_{ш}$  и  $G_p$  воспользуемся следующими формулами:

$$G_p = 0,2 \cdot G_o, \quad (110)$$

$$G_p = 0,2 \cdot 687,5 = 137,5 \text{ кН},$$

$$R_{ш} = \frac{G_p \cdot l_g}{l_k}, \quad (111)$$

$$T_{ш} = G_1 \cdot (\varphi - f), \quad (112)$$

где  $f$  – коэффициент трения колесного движителя [2], принимается равным 0,09;

$\varphi$  – коэффициент сцепления [2], принимается равным 0,7» [11].

$$R_{ш} = \frac{137,5 \cdot 3,87}{6,04} = 87,87 \text{ кН},$$

$$T_{ш} = 498,37 \cdot (0,7 - 0,09) = 304 \text{ кН}.$$

Для определения  $M_{ш}$  составим уравнение моментов сил, действующих на базовый тягач относительно седельного устройства (точка  $O_1$  на рисунке 23).

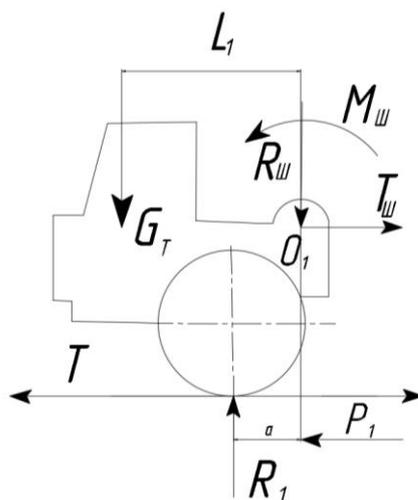


Рисунок 23 – Схема для определения момента в шкворне седельного устройства

«Тогда момент будет равен:

$$M_{uu} = T \cdot h_{uu} + R_1 \cdot a - G_T \cdot k_a \cdot l_1 - P_1 \cdot h_{uu}, \quad (113)$$

где  $k_a$  – коэффициент динамичности [2], принимается равным 1,5;

$P_1$  – сопротивление качению, принимается равным 44,853 кН;

$T$  – сила тяги, принимается равной 348,8 кН;

$R_1 = G_1 = 498,3 \text{ кН}$  – реакция грунта на ведущие колеса тягача;

$a = 0,36 \text{ м}$ ;  $h_{uu} = 3,06 \text{ м}$ ;  $l_1 = 2,88 \text{ м}$ .» [11].

$$M_{uu} = 348,859 \cdot 3,06 + 498,37 \cdot 0,36 - 200 \cdot 1,5 \cdot 2,88 - 44,853 \cdot 3,06 = 254 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$S_o = \frac{87,87 \cdot 6,04 - 137,5 \cdot 3,86 - 304 \cdot 2,13 - 245,671}{3,95} = 226,128 \text{ кН}.$$

По усилию рассчитывается диаметр гидроцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_o}{i \cdot \pi \cdot (1 - \varphi_2) \cdot P \cdot \eta_2}}, \quad (114)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 226,128 \cdot 10^3}{1 \cdot 3,14 \cdot (1 - 0,6^2) \cdot 19,2 \cdot 0,73}} = 139,34 \text{ мм}.$$

Диаметр цилиндра принимаем 140 мм.

### 3.9 Расчёт гидроцилиндров задней стенки ковша скрепера

«Механизм открывания днища ковша обеспечивает свободную разгрузку только части грунта из ковша скрепера. Полная разгрузка ковша, а также очистка от грунта боковых стенок и днища производится принудительно, с помощью специального механизма, который состоит из подвижной задней стенки ковша с роликами качения и гидроцилиндров.

При определении усилия, потребляемого для принудительной разгрузки ковша скрепера, за расчетное положение принимается начало

передвижения задней стенки при полной загрузке ковша грунтом» [11].

«Сила  $S_2$  необходимая для выталкивания грунта, определяется по формуле:

$$S_o = W_m + W_{kc} + W_E + W_i, \quad (115)$$

где  $W_m$  – сопротивление трения грунта о днище ковша;

$W_{kc}$  – сопротивление качению роликов задней стенки по днищу ковша;

$W_E$  – сопротивление трения грунта о боковые стенки ковша;

$W_i$  – сопротивление, связанное с преодолением сил инерции движущейся массы грунта и задней стенки при включении механизма разгрузки ковша» [22].

На рисунке 24 представлена схема усилий, действующих на заднюю стенку при разгрузке ковша.

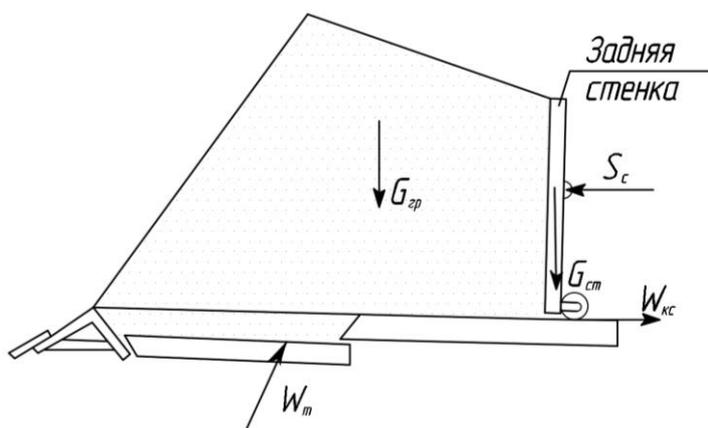


Рисунок 24 – Схема усилий, действующих на заднюю стенку при разгрузке ковша

Сопротивление определяется по формуле

$$W_T = \mu_1 \cdot \frac{q \cdot \gamma_z \cdot K_n}{K_p}, \quad (116)$$

$$W_T = 0,4 \cdot \frac{7 \cdot 75460 \cdot 1}{1,3} = 162,529 \text{ кН.}$$

«Сопротивление равно:

$$W_B = 2\mu_1 \cdot E_a, \quad (117)$$

где  $E_a$  – активное давление грунта на боковую стенку ковша.

$$E_a = \gamma_z \cdot \frac{H^2}{2} \cdot L \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (118)$$

где  $H$  – высота наполнения ковша, принимаем равным 1,8 м;

$L$  – длина ковша, принимаем равным 3,66 м;

$\varphi$  – угол внутреннего трения грунта о грунт, принимаем равным  $25^\circ$ »

[23].

$$E_a = 75460 \cdot \frac{1,8^2}{2} \cdot 3,66 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{25}{2} \right) = 55,68 \text{ кН,}$$

$$W_B = 2 \cdot 0,4 \cdot 55,68 = 44,51 \text{ кН.}$$

«Сопротивление качению роликов  $W_{kc}$  равно:

$$W_{kc} = f \cdot G_{cm}, \quad (119)$$

где  $G_{cm}$  – вес задней стенки, принимаем равным 23 кН;

$f$  – коэффициент сопротивления качению роликов принимаем равным 0,125 м» [23].

$$W_{kc} = 0,125 \cdot 23 = 2,875 \text{ кН.}$$

«Сопротивление определяют по формуле:

$$W_i = \left( \frac{q \cdot \gamma_z \cdot K_n}{K_p} + G_{cm} \right) \cdot \frac{V_c}{g \cdot t}, \quad (120)$$

где  $V_c$  – скорость движения задней стенки, принимаем равной 0,2 м/с;

$t$  – время разгона, принимаем равным 1 с;

$g$  – ускорение свободного падения» [24].

$$W_i = \left( \frac{25 \cdot 75460 \cdot 1}{1,3} + 2300 \right) \cdot \frac{0,3}{9,8 \cdot 1} = 10,711 \text{ кН},$$

$$S_o = 179,8 + 61,249 + 2,875 + 10,71 = 254,63 \text{ кН}.$$

По усилию  $S_o$  рассчитывается диаметр гидроцилиндра следующим образом, (мм):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_o}{i \cdot \pi \cdot (1 - \varphi_2) \cdot P \cdot \eta_z}}. \quad (121)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 254,635 \cdot 10^3}{3 \cdot 3,14 \cdot (1 - 0,6^2) \cdot 19,2 \cdot 0,73}} = 109,1 \text{ мм}.$$

### 3.10 Расчет гидросистемы скрепера

На скрепере используются гидроцилиндры с односторонним штоком. Диаметр гидроцилиндров, рассчитанных выше, составляют:

- гидроцилиндры разгрузочной щели:  $D_1 = 87,19 \text{ мм}$ ; по ГОСТ 12447-80 принимаем  $D_1 = 90 \text{ мм}$ ;
- гидроцилиндр подъёма ковша:  $D_2 = 139,34 \text{ мм}$ , по ГОСТ 12447-80 принимаем  $D_2 = 140 \text{ мм}$ ;
- гидроцилиндры задней стенки:  $D_2 = 109,1 \text{ мм}$ , по ГОСТ 12447-80 принимаем  $D_2 = 110 \text{ мм}$ .

В целях унификации принимаем диаметры всех гидроцилиндров  $D = 140$  мм.

Максимальный расход, необходимый для обеспечения заданной скорости движения гидроцилиндров равен:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot V \cdot z}{4 \cdot \eta_{оц}}, \quad (122)$$

где  $\eta_{оц}$  – объемный КПД гидроцилиндра, принимаем  $\eta_{оц} = 0,92$  [15];

$V$  – заданная скорость движения гидроцилиндра, принимается равной 0,2 м/с;

$z$  – число параллельно установленных гидроцилиндров.

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,140^2 \cdot 0,2 \cdot 7}{4 \cdot 0,92} = 2667 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Требуемый рабочий объем насоса определяем по формуле:

$$q_n = Q_{mp} / (n_n \cdot \eta_{он} \cdot z), \quad (123)$$

где  $Q_{mp}$  – требуемая подача насоса;

$n_n$  – частота вращения вала насоса, принимаем по ГОСТ 12446-80 равной 1500 об/мин., что равно  $n_n = 25 \text{ с}^{-1}$  ;

$\eta_{он}$  – объемный КПД насоса, принимается равной 0,95 [15];

$z$  – количество насосов.

$$q_n = \frac{2667}{25 \cdot 0,95 \cdot 4} = 37,4 \text{ см}^3.$$

По [15] принимаем шестеренный насос НШ32-4 с рабочим объемом 48,8 см<sup>3</sup>. Действительная подача насосов  $Q_{но}$ , см<sup>3</sup>/с определяется по формуле:

$$Q_n = q_n \cdot n_n \cdot \eta_{ОН}^{\circ} \cdot z, \quad (124)$$

где  $\eta_{ОН}^{\circ}$  – действительный объемный КПД насоса, принимается равным 0,92 [15].

$$Q_{н\dot{o}} = 48,8 \cdot 25 \cdot 0,92 \cdot 4 = 3367 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Расчетные значения внутренних диаметров гидролиний определяем из уравнения неразрывности потока жидкости по формуле:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{н\dot{o}}}{\pi \cdot V_{ж}}}, \quad (125)$$

где  $Q_{н\dot{o}}$  – действительный расход жидкости на данном участке;

$V_{ж}$  – скорость движения жидкости на участке. По приложению [15] принимаем следующие значения скоростей для: всасывающей гидролинии 1,4 м/с, напорной гидролинии 5,35 м/с, сливной гидролинии 2,25 м/с.

Определяем диаметр гидролиний:

$$d_p = \sqrt{\frac{1,135 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{3,14 \cdot 1,4}} = 0,032 \text{ м}.$$

Выбираем моноблочный распределитель ГР240 с условным проходом 40 мм. Подбор фильтра осуществляется по тонкости фильтрации и максимальному расходу. Для шестеренных насосов тонкость фильтрации составляет 40 мкм.

Максимальный расход определяется по формуле:

$$Q_{max} = 60 \cdot Q_{н\dot{o}} \cdot \varphi, \quad (126)$$

$$Q_{max} = 60 \cdot 4 \cdot 1,052 = 252,6 \text{ л/мин}.$$

По таблице [15] выбираем фильтр 1.2.40-40/0,63 с номинальной пропускной способностью 400 л/мин.

Объем гидравлической жидкости в баке определяется по эмпирической зависимости:

$$V = (0,8 \dots 4) \cdot V_H^{-1}, \quad (127)$$

$$V = 1 \cdot 67,5 = 270 \text{ дм}^3.$$

Вместимость бака принимаем равной 320 л по ГОСТ 12448-80. При этом учитываем, что жидкость наполняет бак на 80-85% его высоты.

Спецификация на скрепер с элеваторной загрузкой, рабочее оборудование и элеватор представлены в Приложении А (рисунки А.1, А.2, А.3, А.4, А.5).

Выводы по разделу.

Для расчета производительности самоходного скрепера были учтены такие параметры, как скорость движения, вместимость ковша, время на цикл работы и другие. Тяговый расчет самоходного скрепера проводился с учетом мощности двигателя, коэффициента сцепления и других факторов.

Для расчета баланса мощности самоходного скрепера было необходимо учитывать энергозатраты на различные процессы во время работы машины.

Для модернизированного элеватора были проведены расчеты с учетом улучшенной производительности и эффективности работы.

Расчет модернизированного ковша скрепера включал в себя определение оптимальных геометрических параметров ковша для улучшения захвата материала и снижения износа. Гидросистема управления рабочими органами самоходного скрепера была спроектирована с учетом требуемых параметров производительности и надежности. Расчет гидроцилиндров задней стенки ковша скрепера включал в себя определение необходимых характеристик цилиндров для обеспечения надежной работы ковша.

## **4 Технологический раздел**

В процессе сборки автомобилей и тракторов происходит объединение деталей в определенной последовательности для создания узлов, механизмов или готового транспортного средства в соответствии с установленными техническими требованиями. Этот процесс может осуществляться как на заводе, где производятся детали, так и на специализированном сборочном предприятии. В настоящее время в автотракторостроении преобладает первый способ организации производства.

Сборочные работы требуют больше затрат труда по сравнению с литейными, сварочными и другими видами работ. Однако механизация процесса сборки может существенно снизить трудоемкость и является важным резервом для улучшения производства. В автотракторостроении часто используется массовое и крупносерийное производство, что способствует механизации и автоматизации сборочных процессов.

Несмотря на то, что трудоемкость в других цехах снижается быстрее, чем в сборочных, значение сборочных работ остается значительным, порядка 25% от общей трудоемкости.

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

При выборе технологического процесса сборки необходимо учитывать следующие факторы:

- требования к качеству продукции: необходимо выбрать технологию, которая обеспечит высокое качество сборки изделий и минимизирует возможность дефектов;
- сроки производства: выбор технологии должен обеспечить выполнение заказов в заданные сроки и обеспечить эффективность процесса сборки;

- себестоимость производства: необходимо выбрать технологию, которая позволит снизить затраты на производство и повысить прибыльность предприятия;
- объем производства: технология должна быть масштабируемой и способной обеспечить производство большого количества изделий;
- технические возможности оборудования: необходимо учитывать наличие необходимого оборудования и его технические характеристики при выборе технологии сборки.

Исходя из вышеперечисленных факторов, выбор технологического процесса сборки должен быть обоснован и основан на комплексном анализе всех аспектов производства.

Таким образом, при выборе технологического процесса необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы, чтобы обеспечить оптимальное производство продукции.

Кроме того, размеры изделия также оказывают влияние на выбор технологического процесса. Производство крупных изделий может потребовать применения кранов и другой тяжелой техники, в то время как для мелких изделий могут применяться автоматизированные линии сборки.

В случае с модернизацией скрепера МоАЗ-6014, вероятно, спрос будет невелик, поэтому рационально организовать сборку по принципу мелкосерийного производства.

«В мелкосерийном производстве используется стационарная непоточная сборка с разделением процесса на узловую и общую сборку. Работы выполняются бригадами рабочих, специализирующихся в соответствующих областях сборки.

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (128)$$

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

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [8].

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

После этапа разработки создаем план технологического процесса сборки, который включает в себя графическое изображение последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта.

«План описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием. Важные компоненты этого плана включают получение материалов, подготовительные операции (например, разметка, нарезка, обработка), сборку изделия из деталей, окончательную обработку (включая шлифовку, полировку, окраску), контроль качества (проверку соответствия требованиям) и упаковку и хранение готового продукта» [22].

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014 представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень сборочных работ узловой и общей сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Поднять раму рабочего оборудования в сборе при помощи электрической тали TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В	3
Установить раму рабочего оборудования на сборочную площадку	2
Осмотреть раму рабочего оборудования на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии рамы заданным стандартам	6

Продолжение таблицы 3

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
Поднять элеватор в сборе при помощи электрической тали TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В	3
Установить элеватор в сборе на сборочную площадку	2
Осмотреть элеватор в сборе на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии элеватора заданным стандартам	6
Совместить установочные отверстия на раме рабочего оборудования и элеватора	1
Взять палец	0,2
Осмотреть палец на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину	0,5
Смазать палец солидолом "С" ГОСТ 4366-76	0,5
Установить палец в отверстие	1
Взять втулку	0,2
Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить втулку на палец	1
Взять манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79	0,2
Осмотреть манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на втулку	1
Взять стопорное кольцо	0,2
Осмотреть стопорное кольцо на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить стопорное кольцо в паз	1
Взять втулку	0,2
Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить втулку на палец	1
Взять манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79	0,2
Осмотреть манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на втулку	1
Взять стопорное кольцо	0,2
Осмотреть стопорное кольцо на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить стопорное кольцо в паз	1
Взять планку стопорную	0,2
Осмотреть палец на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину	0,5
Взять винт М8 6g ГОСТ 11644-75	0,1
Закрепить при помощи винта М8 6g ГОСТ 11644-75 планку стопорную на корпусе	1
Взять гидроцилиндр 1.16.О.У-100-45-250 ГОСТ 1247-80	0,3
Осмотреть гидроцилиндр 1.16.О.У-100-45-250 ГОСТ 1247-80 на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину	2
Совместить посадочное отверстие гидроцилиндра 16.О.У-100-45-250	1

Продолжение таблицы 3

Операции, входящие в состав основных и вспомогательных переходов	Время на выполнение операции, мин.
ГОСТ 1247-80 с отверстием на раме рабочего оборудования	
Взять палец	0,2
Осмотреть палец на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину	0,5
Смазать палец солидолом "С" ГОСТ 4366-76	0,5
Установить палец в отверстие	1
Взять втулку	0,2
Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить втулку на палец	1
Взять манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79	0,2
Осмотреть манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на втулку	1
Взять стопорное кольцо	0,2
Осмотреть стопорное кольцо на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить стопорное кольцо в паз	1
Взять втулку	0,2
Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить втулку на палец	1
Взять манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79	0,2
Осмотреть манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на втулку	1
Взять стопорное кольцо	0,2
Осмотреть стопорное кольцо на наличие трещин или повреждений	0,5
Установить стопорное кольцо в паз	1
Взять планку стопорную	0,2
Осмотреть палец на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину	0,5
Взять винт М8 6g ГОСТ 11644-75	0,1
Закрепить при помощи винта М8 6g ГОСТ 11644-75 планку стопорную на корпусе	1
При сборке все масленки подшприцевать графитной смазкой	1
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	15
Итого:	70,7

Определим общее оперативное время на все виды работ:

$$t_{on}^{обш} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (129)$$

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

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ит}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (130)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимается равным 3%;

$\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимается равным 5%» [23].

$$t_{ит}^{общ} = 70,7 + 70,7 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 76,35 \text{ мин.}$$

## 4.2 Разработка технологического процесса сборки

Составим порядок выполнения технологических операций, укажем используемые приспособления и занесем время, требуемое для выполнения каждой операции, в таблицу 4.

Таблица 4 – Технологический процесс сборки рабочего оборудования скрепера МоА3-6014

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
005	Сборочная	1	Поднять раму рабочего оборудования в сборе при помощи электрической тали	ТОР цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В, набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента	55,7
		2	Установить раму рабочего оборудования на сборочную площадку		
		3	Осмотреть раму		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		3	рабочего оборудования на наличие трещин или повреждений, ровность и целостность сварных швов, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии рамы заданным стандартам	универсальный 1/4", 1/2" DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец	
		4	Поднять элеватор в сборе при помощи электрической тали		
		5	Установить элеватор в сборе на сборочную площадку		
		6	Осмотреть элеватор в сборе на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину, правильность установки и крепления компонентов, соответствие размеров и геометрии элеватора заданным стандартам		
		7	Совместить установочные отверстия на раме рабочего оборудования и элеватора		
		8	Взять палец		
		9	Осмотреть палец на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину		
		10	Смазать палец солидолом "С" ГОСТ 4366-76		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		11	Установить палец в отверстие		
		12	Взять втулку		
		13	Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений		
		14	Установить втулку на палец		
		15	Взять манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79		
		16	Осмотреть манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на наличие трещин или повреждений		
		17	Установить манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на втулку		
		18	Взять стопорное кольцо		
		19	Осмотреть стопорное кольцо на наличие трещин или повреждений		
		20	Установить стопорное кольцо в паз		
		21	Взять втулку		
		22	Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений		
		23	Установить втулку на палец		
		24	Взять манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79		
		25	Осмотреть манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на наличие трещин или повреждений		
		26	Установить манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на втулку		
		27	Взять стопорное кольцо		
		28	Осмотреть стопорное		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			кольцо на наличие трещин или повреждений		
		29	Установить стопорное кольцо в паз		
		30	Взять планку стопорную		
		31	Осмотреть палец на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину		
		32	Взять винт М8 6g ГОСТ 11644-75		
		33	Закрепить при помощи винта М8 6g ГОСТ 11644-75 планку стопорную на корпусе		
		34	Взять гидроцилиндр 1.16.О.У-100-45-250 ГОСТ 1247-80		
		35	Осмотреть гидроцилиндр 1.16.О.У-100-45-250 ГОСТ 1247-80 на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину		
		36	Совместить посадочное отверстие гидроцилиндра 16.О.У-100-45-250 ГОСТ 1247-80 с отверстием на раме рабочего оборудования		
		37	Взять палец		
		38	Осмотреть палец на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину		
		39	Смазать палец солидолом "С" ГОСТ 4366-76		
		40	Установить палец в отверстие		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
		41	Взять втулку		
		42	Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений		
		43	Установить втулку на палец		
		44	Взять манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79		
		45	Осмотреть манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на наличие трещин или повреждений		
		46	Установить манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на втулку		
		47	Взять стопорное кольцо		
		48	Осмотреть стопорное кольцо на наличие трещин или повреждений		
		49	Установить стопорное кольцо в паз		
		50	Взять втулку		
		51	Осмотреть втулку на наличие трещин или повреждений		
		52	Установить втулку на палец		
		53	Взять манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79		
		54	Осмотреть манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на наличие трещин или повреждений		
		55	Установить манжету 2.1-48 60-1 ГОСТ 8752-79 на втулку		
		56	Взять стопорное кольцо		
		57	Осмотреть стопорное кольцо на наличие трещин или		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Операция	Позиция	Подробное описание содержания операции	Оборудование, инструмент, приспособление	Суммарное время операций, мин.
			повреждений		
		58	Установить стопорное кольцо в паз		
		59	Взять планку стопорную		
		60	Осмотреть палец на наличие трещин или повреждений, коррозию и ржавчину		
		61	Взять винт М8 6g ГОСТ 11644-75		
		62	Закрепить при помощи винта М8 6g ГОСТ 11644-75 планку стопорную на корпусе		
		63	При сборке все масленки подшприцевать графитной смазкой		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций, выполнить регулировку и смазку при необходимости		15

Технологическая схема сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014 представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, разработан технологический процесс сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014 и представлен в графической части ВКР.

## 5 Производственная и экологическая безопасность проекта

Производственная и экологическая безопасность играют ключевую роль при разработке и реализации любого дипломного проекта.

Ниже перечислены основные меры, которые могут быть применены для обеспечения безопасности производства и окружающей среды в рамках дипломного проекта:

- использование безопасного оборудования и технологий: необходимо убедиться, что все используемые в проекте материалы, оборудование и технологии соответствуют безопасным стандартам и требованиям;
- обучение персонала: все участники проекта должны быть обучены правилам безопасного труда и экологической ответственности;
- соблюдение законов и нормативов: необходимо следить за тем, чтобы все действия в рамках проекта соответствовали законодательству в области охраны труда и охраны окружающей среды;
- выбор экологически безопасных материалов: при проектировании и изготовлении продукции необходимо отдавать предпочтение материалам, которые меньше вредят окружающей среде;
- ответственная утилизация отходов: необходимо правильно управлять отходами, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду.

В настоящее время проявляется все больший интерес к человеческим ресурсам, и условия работы на производстве стали более благоприятными и обеспечивают высокие стандарты по охране труда. В перспективе благополучие работников становится источником стабильности, процветания и повышения производительности.

Согласно статистике, затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте в различных странах колеблются от 2,6% до 3,8% от валового национального продукта.

Затраты на профессиональные риски и несчастные случаи на рабочем месте могут включать в себя следующие расходы:

- медицинские расходы на лечение работников, пострадавших в результате несчастного случая на рабочем месте;
- компенсации и выплаты пострадавшим работникам, включая возмещение утраты заработка и компенсацию за временную нетрудоспособность;
- затраты на профилактику и обучение работников по предотвращению несчастных случаев и профессиональных рисков.
- юридические расходы на расследование и урегулирование случаев несчастных случаев на рабочем месте;
- расходы на страхование ответственности работодателя за несчастные случаи на рабочем месте.

Эффективное управление профессиональными рисками и безопасностью на рабочем месте может помочь снизить затраты на несчастные случаи и повысить производительность и уровень удовлетворенности работников.

### **5.1 Описание технологического процесса сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны**

Для того чтобы тщательно изучить технологический процесс сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014, включая его конструктивные особенности и организационно-технические аспекты, требуется подготовить технологический паспорт (таблица 5). Технологический паспорт обязателен для многих видов продукции, особенно технически сложных или

подлежащих обязательному сертификационному контролю. Он помогает упростить процесс технического управления и обеспечить безопасное использование и обслуживание продукции.

Таблица 5 – Технологический паспорт технологического процесса сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность сотрудника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014	1 Установка рамы на сборочной площадке. 2 Монтаж элеватора в сборе на раму. 3 Установка гидроцилиндров. 4 Испытание рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014	Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда	TOR цепная ТЭЦП ННВД02-02Т 2,0 т 6 м 380В, набор необходимого инструмента для выполнения сборки: набор инструмента универсальный 1/4", 1/2"DR S04H524179S Jonnesway, слесарный молоток, оправка, отвертка, инструмент для снятия стопорных колец	Солидол «с», графитная смазка, перчатки

Составленный паспорт операции - сборки, в который включена характеристика процесса, позволит перейти к следующему разделу.

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важно проводить анализ идентификации профессиональных рисков для обеспечения безопасности и здоровья работников, а также обеспечения нормального функционирования организации.

Для этого необходимо провести следующие шаги:

- идентификация опасностей: определение всех потенциальных и реальных опасностей, которые могут быть причиной

профессиональных рисков. Это может включать физические, химические, биологические, психологические и эргономические опасности;

- оценка риска: определение вероятности возникновения негативных событий, связанных с опасностями, и их потенциальных последствий на здоровье и безопасность работников;
- управление рисками: разработка и внедрение мер по уменьшению и контролю рисков, включая обучение сотрудников, использование персональных защитных средств, технические улучшения, проведение аудитов и так далее;
- мониторинг и анализ: регулярное проведение анализа профессиональных рисков, оценка эффективности принятых мер по управлению рисками и корректировка стратегии при необходимости.

Идентификация профессиональных рисков позволит организации эффективно управлять ими, минимизировать потенциальные угрозы для здоровья и безопасности работников и обеспечить бесперебойное функционирование

Таблица 6 содержит результаты идентификации профессиональных рисков сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014.

Таблица 6 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
1 Установка рамы на сборочной площадке. 2 Монтаж элеватора в сборе на раму. 3 Установка гидроцилиндров. 4 Испытание рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции рабочего оборудования
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта» [9]
	«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент

## Продолжение таблицы 6

Операция	ОиВПФ	Источник возникновения ОиВПФ
	Возможность поражения электрическим током	«Электроинструмент» [9]
	«Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [16].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [7].
	«Напряжение зрительных анализаторов	
Монотонность труда, вызывающая монотонию» [7].		

Данная таблица позволила определить источник возникновения риска конкретной профессии (слесарь по ремонту автомобилей).

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Факторы, противодействующие производственному риску и повышающие безопасность труда:

- совершенная организация охраны труда;
- высокий профессиональный уровень персонала предприятия, соответствие профессиональных качеств выполняемым трудовым обязанностям;
- высокая дисциплинированность, ответственность, соответствие личностных, психофизиологических, идеологических качеств характеру выполняемых работ;

- соответствие условий труда нормативным требованиям;
- соответствие технических средств (машины, механизмы, оборудование, оснастка, инструмент и другое), инженерных сооружений и СИЗ требованиям безопасности.

Для более глубокого понимания рабочих процессов и принятия обоснованных решений необходимо проводить обучение персонала. Правильное планирование рабочих задач способствует снижению рисков и уменьшает вероятность возникновения проблем в рабочей сфере.

Использование защитной экипировки и оборудования, особенно в определенных профессиях, является обязательным для снижения рисков. Например, использование шлемов и защитных очков на строительных площадках. Регулярные проверки оборудования и проведение технического обслуживания помогают выявить и устранить потенциальные проблемы до их возникновения.

Для решения выявленных проблем следует использовать методы и средства, соответствующие нормативным требованиям, а также принимать меры, направленные на снижение профессиональных рисков, как указано в соответствующей 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: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях рабочего оборудования»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия:	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования;</li> <li>– знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015</li> </ul>	
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение аудиометрического исследования сотрудников, работающих в условиях повышенного шума, для раннего выявления проблем со слухом;</li> <li>– обучение сотрудников правильным методам защиты от шума, включая использование наушников или берушей.</li> <li>– регулярная проверка и обслуживание оборудования, чтобы предотвратить его излишний шум;</li> <li>– организация периодических перерывов для отдыха от шумного окружения и возможность работать в тишине;</li> <li>– проведение обучающих программ по управлению стрессом и релаксации для сотрудников, работающих в условиях повышенного шума;</li> <li>– внедрение технологий снижения шума на производстве, таких как звукопоглощающие материалы или звукопоглощающие экраны.</li> </ul>	«Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].
Возможность поражения электрическим током	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучение сотрудников правилам безопасности при работе с электричеством. Включает в себя обучение о том, как правильно обращаться с электрическими приборами, как избегать контакта с</li> </ul>	«Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [15].

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>обнаженными проводами и как правильно использовать средства защиты;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение регулярных инструктажей и тренировок по безопасной работе с электричеством. Это поможет сотрудникам освежить знания и навыки, а также позволит им узнать о последних изменениях в правилах безопасности;</li> <li>– установка специального оборудования и средств защиты на рабочих местах. Это могут быть изоляционные материалы, предохранители, заземляющие устройства и другие средства, которые помогут предотвратить поражение электрическим током;</li> <li>– проведение регулярной проверки электрооборудования и проводов на предмет повреждений и износа. Это позволит выявить потенциально опасные ситуации и предотвратить аварии;</li> <li>– организация системы контроля за соблюдением правил безопасности при работе с электричеством. Это может включать в себя проведение аудитов, проверок и инспекций, а также наказание за нарушения правил;</li> <li>– проведение регулярных медицинских осмотров сотрудников, работающих с электричеством. Это позволит выявить возможные заболевания или состояния, которые могут увеличить риск поражения электрическим током;</li> <li>– создание системы экстренной помощи и обучение сотрудников оказанию первой помощи при поражении</li> </ul>	

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	электрическим током. Это поможет быстро и эффективно реагировать на аварийные ситуации и минимизировать возможные последствия.	
«Отсутствие или недостаток естественного света	<ul style="list-style-type: none"> <li>– организация рабочих мест таким образом, чтобы максимально использовать естественное освещение. Размещение рабочих столов и рабочих зон у окон или вблизи них;</li> <li>– установка специальных светопрозрачных перегородок или стен, которые позволяют естественному свету проникать внутрь помещения.</li> </ul>	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</li> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;</li> <li>– используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [7].</li> </ul>	–
Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучение и развитие сотрудников: организация тренингов, семинаров, курсов повышения квалификации помогут работникам развивать свои навыки и умения, что сделает их работу более интересной и разнообразной;</li> <li>– ротация рабочих мест: периодическое изменение рабочих обязанностей и рабочих мест поможет работникам избежать</li> </ul>	–

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>монотонности и рутины, а также приобрести новый опыт и знания.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– внедрение новых технологий и методов работы: использование современных технологий и инструментов поможет сотрудникам выполнять свою работу более эффективно и интересно;</li> <li>– организация командных проектов и задач: работа в команде над общим проектом или задачей способствует разнообразию и дает возможность общения и взаимодействия с коллегами;</li> <li>– проведение корпоративных мероприятий и мероприятий по «team building»: организация различных мероприятий, таких как выездные тренинги, корпоративные вечеринки, спортивные соревнования и так далее, поможет работникам расслабиться, отдохнуть и наладить отношения с коллегами;</li> <li>– поддержка и стимулирование саморазвития: компания может предоставлять сотрудникам доступ к литературе, курсам и тренингам по саморазвитию и личностному росту, что поможет им расширить свои горизонты и избежать монотонности в работе.</li> </ul>	

Эффективное управление рисками позволяет снизить вероятность возникновения ЧП на производстве и обеспечить безопасные условия труда.

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – документ, в котором излагаются все аспекты процедур предотвращения пожара, процедур эвакуации и политики реагирования на пожар. Он включает планы действий в чрезвычайных

ситуациях и процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации, которые необходимо соблюдать в случае пожара.

План пожарной безопасности содержит рекомендации, позволяющие всем на рабочем месте знать, что делать, чтобы свести к минимуму ущерб, причиненный пожаром. Это важный документ, необходимый для любого здания, содержащий важную информацию о том, как бороться с пожаром.

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
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [7].

«В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [16].

«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 для соблюдения требований пожарной безопасности является необходимой процедурой, чтобы обеспечить безопасность людей и имущества в случае возникновения пожара. В таких планах должны быть определены конкретные шаги и процедуры, которые необходимо выполнить в случае пожара, а также ответственные лица и их обязанности.

Планы действий должны включать такие меры, как эвакуация людей, использование пожаротушения, вызов пожарной службы, обучение персонала и проведение учебных тренировок. Кроме того, важно регулярно проверять и обновлять планы действий, чтобы они были актуальными и эффективными.

Соблюдение требований пожарной безопасности и разработка соответствующих планов действий помогут предотвратить возникновение

пожаров, а в случае их возникновения минимизировать ущерб и обеспечить безопасность всех присутствующих.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при сборке рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014 и заносим мероприятия по пожарной безопасности в таблицу 9.

Таблица 9 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014

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» [20]
«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» [15]
«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» [16]
«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» [7]

Все работодатели также должны:

- контролировать накопление легковоспламеняющихся и горючих отходов, чтобы они не способствовали возникновению пожарной

- ситуации, и включать санитарные процедуры в план противопожарной защиты;
- информировать сотрудников об опасностях материалов и процессов, которым они подвергаются;
  - пересмотреть с каждым новым сотрудником те части плана противопожарной защиты, которые сотрудник должен знать, чтобы защититься в случае возникновения чрезвычайной ситуации;
  - регулярно и надлежащим образом обслуживать оборудование или системы, установленные на тепловыделяющем оборудовании, чтобы предотвратить случайное возгорание горючих материалов.

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса**

Экологическая безопасность, часто используемая как синоним защиты окружающей среды, относится к практике защиты мира природы и ее ресурсов от вреда, деградации или загрязнения. Она охватывает различные аспекты человеческой деятельности, влияющие на окружающую среду, и направлена на смягчение этих последствий для благополучия нынешнего и будущих поколений.

Необходимость экологической безопасности невозможно переоценить, так как она имеет решающее значение для сохранения экосистем, здоровья живых организмов и устойчивости планеты. Более того, она играет ключевую роль в обеспечении доступности природных ресурсов в долгосрочной перспективе.

Внедрение устойчивых практик предполагает сокращение отходов, сохранение ресурсов и минимизацию углеродного следа. Предприятия и частные лица могут применять устойчивые методы, чтобы уменьшить свое воздействие на окружающую среду.

Поддержание чистоты воздуха имеет важное значение для экологической безопасности. Усилия по контролю загрязнения воздуха включают стандарты выбросов, продвижение чистых источников энергии и сокращение промышленных выбросов.

Вода – ограниченный ресурс, и ее сохранение имеет решающее значение для экологической безопасности. Внедрение методов водосбережения дома, в сельском хозяйстве и промышленности может помочь сохранить этот драгоценный ресурс.

Сокращение отходов и переработка материалов являются эффективными способами повышения экологической безопасности. Эти методы уменьшают нагрузку на свалки и уменьшают потребность в сырье.

Биоразнообразие имеет важное значение для сбалансированной экосистемы. Усилия по сохранению включают защиту исчезающих видов, сохранение естественной среды обитания и содействие устойчивому землепользованию.

Повышение энергоэффективности имеет жизненно важное значение для сокращения выбросов парниковых газов. Переход на возобновляемые источники энергии и внедрение энергоэффективных технологий – шаги к экологической безопасности.

Транспорт вносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды. Варианты экологически чистого транспорта, такие как электромобили и общественный транспорт, могут снизить воздействие транспорта на окружающую среду.

Многие предприятия сейчас переходят на корпоративную социальную ответственность, осознавая свою ответственность перед окружающей средой, тем самым сокращая выбросы и продвигая устойчивые методы работы.

Частные лица могут внести свой вклад в экологическую безопасность. Простые действия, такие как сокращение потребления воды и энергии, поддержка экологически чистых продуктов и участие в общественных мероприятиях по уборке, – все это способствует более чистой планете.

Будущее экологической безопасности – за инновациями и коллективными усилиями. Достижения в области технологий и растущее осознание экологических проблем обещают сделать мир более зеленым и безопасным.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при сборке рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014 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 рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014	«Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Выводы по разделу.

В разделе, посвященном производственной и экологической безопасности проекта разработан паспорт производственно-технологического процесса сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014; выявлены профессиональные риски и определены методы и средства их снижения; идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности сборки рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014; идентифицированы экологические факторы, возникающие при сборке рабочего оборудования скрепера МоАЗ-6014 и разработаны мероприятия по их снижению.

## 6 Экономическая эффективность проекта

### 6.1 Расчет стоимости модернизированного скрепера

Перечень деталей, необходимых для сборки, приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень деталей на сборку оборудования

Наименование детали	Количество	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Гидроцилиндр 1.16.О.У-100-45-250 ГОСТ 1247-80	2	10000	20000
Ресивер РВ270.11.02	1	32989	32989
Компрессор ЯМЗ	1	20000	20000
Трубопроводы	1	1500	1500
Крышка подшипника	5	230	1150
Гидромотор	1	12000	12000
Болт М8×1,25-6gh70.58	6	5	30
Винт М8 6g 5	4	3	12
Винт М10х1,5-6ex45.58	4	3	12
Подшипник 215 ГОСТ 8338-75	2	1260	2520
Подшипник 1310 ГОСТ 28428-90	2	607	1214
Винт М12×15-6ex30.60	8	3	24
Винт М8×1,25-6g30	7	4	28
Гайка М56-6Н	1	3	3
Гайка М8-1.25-6Н.5	6	0,50	3
Кольцо А70	2	5	10
Итого:			91495

Заработная плата работников, занимавшихся сборкой, находится по следующей формуле:

$$ЗП_{слесаря}^{скр} = \frac{ЗП_{за\ месяц}}{168} n_c T n_p, \quad (131)$$

где  $ЗП_{за\ месяц}$  – заработная плата за месяц слесаря, принимается по

данным Росстата 78432 р.;

168 – месячный фонд рабочего времени;

$n_c$  – количество смен на сборку и навешивание навесного оборудования, принимается равным 2 сменам;

$T$  – продолжительность смены, принимается равным 8 часам;

$n_p$  – количество работников, требующихся на сборку, принимается равным 3 работникам.

$$ЗП_{слесаря}^{скр} = \frac{78432}{168} \cdot 2 \cdot 8 \cdot 3 = 22409,14 \text{ р.}$$

Отчисления от заработной платы работников, занятых сборкой, включают в себя обязательные взносы в фонд социальной защиты населения – 34%, а также обязательные взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний – 0,6%.

Отчисления от заработной платы работников, занятых сборкой, находятся по следующей формуле [18]

$$ОТЧ_{з/пл.} = ЗП_{слесаря}^{скр} \cdot 0,346, \quad (132)$$

$$ОТЧ_{з/пл.} = 22409,14 \cdot 0,346 = 7753,56 \text{ р.}$$

Накладные расходы, включаемые в стоимость оборудования, находятся по следующей формуле [18]:

$$НР = \frac{ЗП_{слесаря}^{скр} \cdot \%_{накл.расходы}}{100}, \quad (133)$$

где  $\%_{накл.расходы}$  – накладные расходы, принимаются равными 120%.

Сумма накладных расходов составит:

$$НР = \frac{22409,14 \cdot 120}{100} = 26890,97 \text{ р.}$$

Стоимость оборудования с установкой находится по следующей формуле [18]:

$$C_{нав/об.с.уст} = C_{итого} + ЗП_{слесаря}^{скр} + ОТЧ_{з/пл.} + НР, \quad (134)$$

где  $C_{итого}$  – итоговая стоимость.

$$C_{нав/об.с.уст} = 91495 + 22409,14 + 7753,56 + 26890,97 = 148548,67 \text{ р.}$$

## 6.2 Расчёт стоимости машино-смены базового скрепера

Стоимость машино-смены базового скрепера находится по следующей формуле:

$$C_{м-с} = ЗП_{водителя} + ОТЧ_{з/пл.}^{водителя} + T_m + \%_{см.м} + C_{ТОиТР} + A + НР; \quad (135)$$

где  $ЗП_{водителя}$  – заработная плата водителя, работающего на скрепере;

$ОТЧ_{з/пл.}^{водителя}$  – отчисления от заработной платы водителя;

$T_m$  – стоимость топлива;

$C_{ТОиТР}$  – стоимость технического обслуживания и текущего ремонта;

$\%_{см.м}$  – смазочные материалы (принимаются 5% от стоимости топлива);

$A$  – амортизация скрепера;

$НР$  – накладные расходы.

Заработная плата водителя, работающего на скрепере, находится по формуле:

$$ЗП_{водителя} = \frac{ЗП_{за.месяц}}{168} T, \quad (136)$$

где  $ЗП_{за.месяц}$  – зарплата за месяц водителя.

$$ЗП_{\text{водителя}} = \frac{78432}{168} \cdot 8 = 3734,85 \text{ р.}$$

Отчисления от заработной платы водителя включают в себя обязательные взносы в фонд социальной защиты населения – 34%, а также обязательные взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний – 0,6%.

Отчисления рассчитываются следующим образом:

$$ОГЧ_{\text{з/пл.}} = ЗП_{\text{водителя}} \cdot 0,346, \quad (137)$$

$$ОГЧ_{\text{з/пл.}} = 3734,85 \cdot 0,346 = 1292,25 \text{ р.}$$

Стоимость топлива определяется по следующей формуле:

$$T_m = T_{\text{н.р}} \cdot T \cdot C_{\text{топл}}, \quad (138)$$

где  $T_{\text{н.р}}$  – норма расхода топлива, составляет 18,5 л/ч.;

$T$  – продолжительность смены, принимается равным 8 ч.;

$C_{\text{топл}}$  – стоимость дизельного топлива по данным Самарастата по состоянию 1 мая 2024 составляет 56,84 р.

Тогда:

$$T_m = 18,5 \cdot 8 \cdot 56,84 = 8412,32 \text{ р.}$$

Стоимость технического обслуживания и текущего ремонта находится по следующей формуле:

$$C_{\text{ТОиТР}} = \frac{(N_{\text{ТО}}t_{\text{ТО}} + N_{\text{ТР}}t_{\text{ТР}}) ЗП_{\text{слесаря}}^{\text{час}}}{160}; \quad (139)$$

где  $N_{ТО}$  – количество технического обслуживания скрепера в год, принимается равным 55 раз;

$t_{ТО}$  – продолжительность одного технического обслуживания, принимается равным 5 ч.;

$N_{ТР}$  – количество текущего ремонта скрепера в год, принимается равным 1 раз;

$t_{ТР}$  – продолжительность одного текущего ремонта, принимается равным 145 ч.;

$ЗП_{слесаря}^{час}$  – часовая зарплата слесаря.

Часовая зарплата слесаря находится по следующей формуле:

$$ЗП_{слесаря}^{час} = \frac{ЗП_{за\ месяц}}{168}, \quad (140)$$

$$ЗП_{слесаря}^{час} = \frac{78432}{168} = 466,86 \text{ р./ч.}$$

Тогда по формуле найдем стоимость технического обслуживания и текущего ремонта:

$$C_{ТО и ТР} = \frac{(55 \cdot 5 + 1 \cdot 145) \cdot 466,86}{160} = 1225,5 \text{ р.}$$

Амортизация базового скрепера находится по следующей формуле:

$$A = \frac{C_{скр} \cdot 10\%}{100\% \cdot 160}, \quad (141)$$

где  $C_{скр}$  – стоимость скрепера МоАЗ-6014, составляет 5000000 р.

$$A = \frac{5000000 \cdot 10\%}{100\% \cdot 160} = 3125 \text{ р.}$$

Накладные расходы рассчитываются по формуле:

$$HP = \frac{22409,14 \cdot 120}{100} = 26890,97 \text{ р.}$$

Таким образом стоимость машино-смены скрепера найдем по формуле.

$$C_{м-с} = 3734,85 + 1292,25 + 8412,32 + 420,62 + 1225,5 + 3125 + 26890,97 = 45101,51 \text{ р.}$$

Себестоимость работ базового скрепера определяется по следующей формуле:

$$c = \frac{C_{м-с}}{P_9^{баз}}, \quad (142)$$

где  $P_9^{баз}$  – эксплуатационная производительность базового скрепера, принимается равной  $30,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$$c = \frac{45101,51}{30,5} = 1478,74 \text{ р.}$$

### 6.3 Расчет стоимости машино-смены модернизированного скрепера

Стоимость машино-смены скрепера находится по следующей формуле:

$$C_{м-с} = 3P_{\text{водителя}} + ОТЧ_{з/пл}^{\text{водителя}} + T_m + \%_{см.м} + C_{ТО и ТР} + A + HP, \quad (143)$$

где  $3P_{\text{водителя}}$  – заработная плата водителя, работающего на скрепере;

$ОТЧ_{з/пл}^{\text{водителя}}$  – отчисления от заработной платы водителя;

$T_m$  – стоимость топлива;

$C_{ТОиТР}$  – стоимость технического обслуживания и текущего ремонта;  
 $\%_{см.м}$  – смазочные материалы (принимаются 5% от стоимости топлива);  
 $A$  – амортизация скрепера;  
 $НР$  – накладные расходы.

Заработная плата водителя, работающего на скрепере, находится по формуле:

$$ЗП_{водителя} = \frac{ЗП_{за\ месяц}}{168} \cdot T, \quad (144)$$

где  $ЗП_{за\ месяц}$  – зарплата за месяц водителя.

$$ЗП_{водителя} = \frac{78432}{168} \cdot 8 = 3734,85 \text{ р.}$$

Отчисления от заработной платы водителя включают в себя обязательные взносы в фонд социальной защиты населения – 34%, а также обязательные взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний – 0,6%.

Отчисления рассчитываются следующим образом:

$$ОГЧ_{з/пл.} = ЗП_{водителя} \cdot 0,346, \quad (145)$$

$$ОГЧ_{з/пл.} = 3734,85 \cdot 0,346 = 1292,26 \text{ р.}$$

Стоимость топлива определяется по следующей формуле:

$$T_m = T_{н.р} \cdot T \cdot C_{топл}, \quad (146)$$

где  $T_{н.р}$  – норма расхода топлива, составляет 18,5 л/ч.;

$T$  – продолжительность смены, составляет 8 ч.;

$C_{топл}$  – стоимость дизельного топлива по данным Самарстата по состоянию 1 мая 2024 составляет 56,84 р.

Тогда:

$$T_m = 18,5 \cdot 8 \cdot 56,84 = 8412,32 \text{ р.}$$

Стоимость технического обслуживания и текущего ремонта находится по следующей формуле

$$C_{ТОиТР} = \frac{(N_{ТО}t_{ТО} + N_{ТР}t_{ТР})ЗП_{слесаря}^{час}}{160}; \quad (147)$$

где  $N_{ТО}$  – количество технического обслуживания скрепера в год, принимается равным 55 раз;

$t_{ТО}$  – продолжительность одного технического обслуживания, принимается равным 5 ч.;

$N_{ТР}$  – количество текущего ремонта скрепера в год, принимается равным 1 раз;

$t_{ТР}$  – продолжительность одного текущего ремонта, принимается равным 145 ч.;

$ЗП_{слесаря}^{час}$  – часовая зарплата слесаря.

$$ЗП_{слесаря}^{час} = \frac{ЗП_{за\ месяц}}{168}, \quad (148)$$

$$ЗП_{слесаря}^{час} = \frac{78432}{168} = 466,85 \text{ р./ч.}$$

Тогда по формуле найдем стоимость технического обслуживания и текущего ремонта:

$$C_{ТОиТР} = \frac{(55 \cdot 5 + 1 \cdot 145) \cdot 466,85}{160} = 1225,48 \text{ р.}$$

Амортизация скрепера с навесным оборудованием находится по следующей формуле

$$A = \frac{C_{скр} \cdot 10\%}{100\% \cdot 160} + \frac{C_{нав/об} \cdot 14\%}{100\% \cdot 160}, \quad (149)$$

где  $C_{скр}$  – стоимость скрепера МоАЗ-529 составляет 4000000 р.;

$C_{нав/об}$  – стоимость оборудования с установкой составляет 148548,67 р.

Тогда:

$$A = \frac{4000000 \cdot 10\%}{100\% \cdot 160} + \frac{148548,67 \cdot 14\%}{100\% \cdot 160} = 2500 + 129,98 = 2629,98 \text{ р.}$$

Накладные расходы рассчитываются по формуле .

Таким образом, сумма накладных расходов составит:

$$HP = \frac{22409,14 \cdot 120}{100} = 26890,97 \text{ р.}$$

Таким образом стоимость машино-смены скрепера найдем по формуле 139:

Тогда:

$$C_{м-с} = 3734,85 + 1292,26 + 8412,32 + 420,62 + 1225,48 + 2629,98 + 26890,97 = 44606,48 \text{ р.}$$

Определим себестоимость работ скрепера по следующей формуле:

$$c = \frac{C_{м-с}}{П_3^{mod}}, \quad (150)$$

где  $П_3^{mod}$  – эксплуатационная производительность модернизированного скрепера, принимается равной 33,25 м<sup>3</sup>/с.

Тогда:

$$c = \frac{44608,48}{33,25} = 1341,6 \text{ р.}$$

$$c = c^{\sigma} - c^{mod}, \quad (151)$$

$$c = 1478,74 - 1341,6 = 137,14 \text{ р.}$$

Выводы по разделу.

В рамках данного раздела дипломной работы были выполнены расчеты стоимости модернизированного скрепера, стоимости машино-смены базового скрепера, стоимости машино-смены модернизированного скрепера.

Экономическая эффективность модернизируемого скрепера подтверждена технико-экономическим анализом, который показал снижение себестоимости разработки грунта на 10%, относительно базовой машины.

## Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта была предложена модификация рабочего оборудования скрепера. Основным рабочим оборудованием является элеватор, установленный на ковше скрепера.

В исследовательской части был проведён анализ полезных технических решений. По его результатам была произведена модернизация самоходного скрепера включающая в себя внедрение в конструкцию скрепера механизированной загрузки скрепера, а также механизм перемещения задней стенки ковша и механизм подачи газовой смазки в зону срезания грунта.

В расчётной части дипломного проекта были произведены расчёты: привода элеватора, расчёт ведущего вала, данного элеватора, а так же расчёт возвратно-упругой пружины, соединяющей рычаги элеватора с ковшом, разработана гидросистема управления рабочими органами самоходного скрепера.

В работе были разработаны мероприятия по производственной и экологической безопасности.

Таким образом внедрение новых технических решений позволяют значительно уменьшить затрачиваемое время на загрузку и разгрузку ковша самоходного скрепера, что позволяет значительно экономить на топливе и техническом обслуживании скрепера.

Эффективность проекта подтверждена технико-экономическим анализом, который показал снижение себестоимости разработки грунта на 10%, относительно базовой машины, также расчёты показали снижение удельной материалоемкости.

## Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Алексеева Т. В. [ и др.] Дорожные машины. Часть 1. Машины для земляных работ / Т. В. Алексеева. - М.: Машиностроение, 1972.– 504 с.
- 2 Врублевская В. И. Детали машин и основы проектирования. Курсовое проектирование: учеб. пособие / В. И. Врублевская, В. Б. Врублевский – Гомель: УО «БелГУТ», 2006.– 433 с.
- 3 Довгяло В. А. Дорожно-строительные машины. В 2 ч. Ч. II. Машины для устройства и ремонта дорожных покрытий : учеб. пособие / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарев; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.– Гомель : БелГУТ, 2014.–385 с.
- 4 Довгяло В. А. Дорожно-строительные машины. Ч. 1. Машины для земляных работ / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарев. – Гомель:БелГУТ, 2010–250 с.
- 5 Домбровский Н. Г. Землеройно-транспортные машины / Н. Г. Домбровский. - М.: Машиностроение, 1965. – 273 с.
- 6 Иванченко Ф. К. Расчёты грузоподъёмных и транспортирующих машин / Ф.К. Иванченко. – Киев : Высшая школа, 1978.– 576 с.
- 7 Курмаз, Л. В. Детали машин. Проектирование: Справочное и учебно-методическое пособие / Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. – 2-е изд., испр.: М.: Высш. шк., 2005. – 309 с.
- 8 Моргунов Ю. Н. Техническая эксплуатация путевых и строительных машин: Учебное пособие. / Ю. Н. Моргунов. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 701 с.
- 9 Патент SU 1335650 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Ковш скрепера / Шаволов Андрей Сергеевич, Мамедов Эльдар Тагиевич – опубл. 09.07.1987. – Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/SU1335650A1\\_19870907](https://yandex.ru/patents/doc/SU1335650A1_19870907).

10 Патент SU 369219 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Элеватор в задней части ковша скрепера/ Николай Фёдорович Долгушин – опубл. 21.08.1982. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/36/369219.html>.

11 Патент SU 373365 Российская Федерация, МПК E02F 3/66. Механизм перемещения задней стенки ковша / Сидоров Николай Александрович, Владимир Валерьевич Вовк – опубл. 12.03.1983. – Режим доступа: <http://patents.su/3-373365-skreper.html>.

12 Патент SU 592534 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Устройство для газовой смазки ковша / Баловнев Владилен Иванович, Хмара Леонид Андреевич, Ермилов Александр Борисович, Ладзон Виктор Семёнович. Хмара Леонид Андреевич, Ермилов Александр Борисович – опубл. 15.02.1978. – Режим доступа: <http://patents.su/2-699113-skreper.html>.

13 Патент SU 699113 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Элеватор /Павел Николаевич Иванов, Григорий Николаевич Смирнов, Эдуарда Геннадьевич Роннинсон– опубл. 25.11.1979. – Режим доступа: <http://patents.su/2-699113-skreper.html>.

14 Патент SU 705081 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Ковш скрепера/ Александр Николаевич Абрамов, Михаил Иванович Деревенчук, Юрий Александрович Филин – опубл. 21.08.1982. – Режим доступа: [patents.su/2-705081-kovsh-skrepera.html](http://patents.su/2-705081-kovsh-skrepera.html).

15 Патент SU 768887 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Ковш скрепера / Мирнов Геннадий Николаевич– опубл. 10.07.1980. – Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/SU768887A1\\_19801007](https://yandex.ru/patents/doc/SU768887A1_19801007).

16 Патент SU 768887 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Ковш скрепера / Мирнов Геннадий Николаевич– опубл. 10.07.1980. – Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/SU768887A1\\_19801007](https://yandex.ru/patents/doc/SU768887A1_19801007).

17 Патент РФ 1460133 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Элеватор с вибратором / Александр Сергеевич Шаволов – опубл. 21.08.1982. – Режим доступа: <http://patents.su/3-1460133-kovsh-skrepera.html>.

18 Патент РФ 2454511 Российская Федерация, МПК E02F 3/64. Наклонный элеватор / Шемякин Станислав Аркадьевич, Матвеев Дмитрий Николаевич – опубл. 27.06.2012. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2454511>.

19 Писаренко Г. С. Сопротивление материалов: справочник в 2 т. / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев.– Киев : Наукова думка ,1988.–736 с.

20 Плешков, Д.И. Расчет скрепера [Текст] / Д. И. Плешков, В. М. Гольдштейн ; Под ред. канд. техн. наук И. П. Бородачева ; Гос. ком. Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т строит. и дор. машиностроения "ВНИИСтройдормаш". - Москва : Отд. по изучению и обобщению отечеств. и иностр. опыта и информации, 1961. - 79 с.

21 Руководство по эксплуатации 6014-3902002 самоходного скрепера МоАЗ-6014 Могилёвский автомобильный завод им. С.М. Кирова-Минск «Полымя» 1989.–239 с.

22 Руководство по эксплуатации двигателя ЯМЗ 238 АМ2-1 ОАО Автодизель «Ярославский моторный завод» 236-3902150-Б РЭ – Ярославль, ОАО АВТОДИЗЕЛЬ 2016-184 с.

23 Чмыхов Б. А. Рекомендации по разработке экономического раздела дипломных проектов: учеб.- метод. пособие / Б. А. Чмыхов, С. И. Медведев; М-во образования Респ. Белорус, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2006. – 31 с.

24 Щемелев А. М. Проектирование гидропривода машин для земляных работ / А. М. Щемелев. - Могилев: ММИ, 1995.-322 с.

25 David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.

26 Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.

27 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

28 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

29 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А  
**Спецификации**

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документация</u>			
		A1			24.ДП.01.174.61.00.000.В0	Общий вид	1		
		A4			24.ДП.01.174.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1		
Справ. №						<u>Сборочные единицы</u>			
			1		24.ДП.01.174.61.01.000	Базовый тягач	1		
		A1	2		24.ДП.01.174.61.02.000	Ковш скрепера	1		
			3		24.ДП.01.174.61.03.000	Рама	1		
		A1	4		24.ДП.01.174.61.04.000	Элеватор	1		
			5		24.ДП.01.174.61.05.000	Ресивер	1		
Подп. и дата									
Инв. № д/опл.									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
						24.ДП.01.174.61.00.000			
		Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Скрепер с элеваторной загрузкой	Лит	Лист	Листов
		Разраб.	Кудашев С.А.				Д		1
		Пров.	Бодровский А.В.						
		Т.контр.	Бодровский А.В.						
		Н.контр.	Бодровский А.В.						
		Утв.	Бодровский А.В.						
						ТГУ, АТс-1901а			
						Копировал	Формат А4		

Рисунок А.1 – Спецификация на скрепер с элеваторной загрузкой

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
							№	Дата
				Документация				
A1			24.ДП.01.174.62.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
				Сборочные единицы				
			24.ДП.01.174.6104.000	Элеватор	1			
				Детали				
		3	24.ДП.01.174.62.00.003	Палец	4			
		4	24.ДП.01.174.62.00.004	Палец	2			
		5	24.ДП.01.174.62.00.005	Втулка	8			
		6	24.ДП.01.174.62.00.006	Планка стопорная	2			
				Стандартные изделия				
		7		Винт ГОСТ 11644-75 М8 6g 5	2			
		8		Шайба ГОСТ 10450-78 48Л	2			
		9		Кольца стопорные ГОСТ 13941-86 А.4.8.65Г	8			
		10		Манжета ГОСТ 8752-79 2.1-48x60-1	8			
		11		Шплинт ГОСТ 397-79 2,5x48	2			
		12		Гидроцилиндр ГОСТ 1247-80 116.0.У-100-45-250	2			
			24.ДП.01.174.62.00.000					
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата		
Разраб.		Кудашев С.А.						
Пров.		Бадровский А.В.						
Т.контр.		Бадровский А.В.						
Н.контр.		Бадровский А.В.						
Утв.		Бадровский А.В.						
Рабочее оборудование						ТГУ, АТс-1901а		
						Лит.		Лист
						Д		1
Копировал						Формат		А4

Рисунок А.2 – Спецификация на рабочее оборудование

Продолжение Приложения А

Фирма/Зона/Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Стр. №	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	24.ДП.01.174.6104.000							
											Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
		<i>Документация</i>																
A1	24.ДП.01.174.6104.000.СБ	Сборочный чертеж	1															
		<i>Детали</i>																
	1 24.ДП.01.174.6104.001	Крышка наружная	1															
	2 24.ДП.01.174.6104.002	Корпус подшипника	1															
	3 24.ДП.01.174.6104.003	Крышка внутренняя	1															
	4 24.ДП.01.174.6104.004	Звездочка ведомая	2															
	5 24.ДП.01.174.6104.005	Крышка внутренняя	1															
	6 24.ДП.01.174.6104.006	Втулка	1															
	7 24.ДП.01.174.6104.007	Втулка	1															
	8 24.ДП.01.174.6104.008	Втулка	1															
	9 24.ДП.01.174.6104.009	Кольцо	4															
	10 24.ДП.01.174.6104.010	Вал	1															
	11 24.ДП.01.174.6104.011	Звездочка ведущая	2															
	12 24.ДП.01.174.6104.012	Ось	2															
	13 24.ДП.01.174.6104.013	Вал	1															
	14 24.ДП.01.174.6104.014	Крышка	1															
	15 24.ДП.01.174.6104.015	Втулка	1															
A3	16 24.ДП.01.174.6104.016	Стакан	1															
A3	17 24.ДП.01.174.6104.017	Шестерня	1	m=5, z=48														
	18 24.ДП.01.174.6104.018	Втулка	1															
	19 24.ДП.01.174.6104.019	Кожух	1															
	20 24.ДП.01.174.6104.020	Шестерня	1	m=4, z=52														
	21 24.ДП.01.174.6104.021	Корпус	1															
											24.ДП.01.174.6104.000							
											Элеватор							
											ТГУ, АТс-1901а							
											Копировал Формат А4							

Рисунок А.3 – Спецификация на элеватор



