

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Сатбаев университеті

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Технологические машины, транспорта и логистики»

ДОПУШЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,
кандидат технических наук
_____ К.К. Елемесов

«_____» _____ 2021 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: «Разработка навесного уплотняющего оборудования»

по специальности 5В071300 - «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Выполнил

Абзалиев А.

Научный руководитель
кандидат технических наук



Б.М. Кульгильдинов

«24» мая 2021 г.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Сатбаев университеті

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Технологические машины, транспорта и логистики»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой,
кандидат технических наук

_____ К.К. Елемесов

«___» _____ 2021г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся	<i>Абзалиев Арман</i>
Тема:	<i>Разработка навесного уплотняющего оборудования</i>
Утверждена приказом руководителя университета	<i>3-б от «24». 11. 2020г.</i>
Срок сдачи законченной работы	<i>«20» май 2021 г.</i>
Исходные данные к дипломной работе	<i>Существующие катки</i>
<i>зарубежного производства</i>	
Краткое содержание дипломной работы:	
<i>а) Аналитическая часть;</i>	
<i>б) Конструкторская часть;</i>	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
<i>1. Патентный анализ – 1 лист; 2. Общий вид погрузчика с навесным уплотняющим оборудованием – 1 лист; 3. Рабочие оборудование – 1 листа; 4. Валец полиуретановый –1 лист; 5. Редуктор –1 лист; 6. Рама –1 лист; 7. Кожух –1 лист.</i>	
Рекомендуемая основная литература: <u>из 13 наименований</u>	

ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Аналитическая часть		
Конструкторская часть		

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Аналитическая часть	Б.М. Кульгильдинов кандидат технических наук		
Конструкторская часть	Б.М. Кульгильдинов кандидат технических наук		
Нормоконтроль	Р.А. Козбагаров, кандидат технических наук, доцент		

Научный руководитель _____ Б.М. Кульгильдинов

Задание принял к исполнению обучающийся _____ А. Абзалиев

Дата « ____ » _____ 2021 г.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа направлена на создание сменного уплотняющего оборудования, которое может навешиваться на различные строительные дорожные машины и позволит снизить как материальные, так и энергетические затраты в технологии процесса уплотнения.

В представленной работе проведен патентно-технический обзор и анализ технологии процессов уплотнения и технических решений уплотняющего оборудования.

Навесное уплотняющее оборудование выполнено как дополнительное сменное рабочее оборудование на фронтальный одноковшовый погрузчик ТО-18 и предназначено для однопроходного уплотнения предварительно спланированных насыпных грунтов и гравийно-щебёночных материалов при строительстве автомобильных дорог и подобных сооружений.

АНДАТПА

Осы дипломдық жұмыста әртүрлі құрылыс-жол машиналарына ілінетін және тығыздау процесінің технологиясындағы материалдық және энергетикалық шығындарды азайтуға мүмкіндік беретін ауыстырылатын тығыздағыш жабдықты құруға бағытталған.

Ұсынылған жұмыста тығыздау процестерінің технологиясына және тығыздау жабдықтарының техникалық шешімдеріне патенттік-техникалық шолу және талдау жүргізілді.

Топсалы тығыздағыш жабдық ТО-18 фронтальды бір шөмішті тиегішке қосымша ауысымдық жұмыс жабдығы ретінде жасалған және автомобиль жолдары мен осыған ұқсас құрылыстарды салу кезінде алдын ала жоспарланған үйінді топырақтар мен қиыршық тас-қиыршықтас материалдарын бір реттік тығыздауға арналған.

ABSTRACT

This thesis is aimed at creating replaceable sealing equipment that can be hung on various construction and road vehicles and will reduce both material and energy costs in the technology of the sealing process.

In the present paper, a patent and technical review and analysis of the technology of sealing processes and technical solutions of sealing equipment are carried out.

The mounted sealing equipment is designed as an additional replacement working equipment for the TO-18 front-end single-bucket loader and is intended for single-pass compaction of pre-planned bulk soils and gravel-crushed stone materials in the construction of highways and similar structures.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	9
1 Аналитическая часть.....	11
1.1 Современные способы, техника и технологии процесса уплотнения	11
1.2 Патентно-технический обзор и анализ уплотняющего оборудования.....	20
1.3 О компании ТОО Ремдортехника.....	27
2 Конструкторская часть.....	30
2.1 Описание конструкции уплотняющего рабочего оборудования	30
2.2 Техническая характеристика уплотняющего рабочего оборудования.....	31
2.3 Описание и техническая характеристика базовой машины	31
2.4 Расчет параметров уплотняющего рабочего оборудования	32
2.4.1 Расчет массы уплотняющего рабочего оборудования	32
2.4.2 Расчет радиуса вальца.....	35
2.4.3 Определение ширины вальца.....	36
2.4.4 Расчет пятна контакта.....	36
2.4.5 Расчет шага воздействия уплотняющего рабочего органа на материал	37
2.4.6 Расчет эксцентриситета	37
2.4.7 Расчет частоты вращения вальца.....	38
2.4.8 Расчет динамического усилия уплотняющего рабочего оборудования на грунт.....	39
2.5 Расчет стрелы погрузчика	40
2.6 Расчет гидроцилиндров стрелы	43
2.6.1 Расчет гидроцилиндра подъема стрелы.....	43
2.6.2 Расчет гидроцилиндра поворота рабочего оборудования	43
2.7 Тяговый расчет	44
2.8 Расчет производительности	45
2.9 Определение оптимального ресурса и уровня надежности навесного уплотняющего оборудования фронтального погрузчика ТО-18 ...	46
Заключение	51
Список использованной литературы.....	52

ВВЕДЕНИЕ

Нет особой нужды доказывать техническую и экономическую важность и потребность высококачественного уплотнения дорожно-строительных материалов при строительстве, реконструкции или ремонте покрытий автомобильных дорог и высокоскоростных магистралей, технические требования к которым очень высоки.

Обязательное уплотнение грунта, щебня и асфальтобетона в дорожной отрасли является не только составной частью технологического процесса устройства земляного полотна, основания и покрытия, но и служит фактически главной операцией по обеспечению их прочности, устойчивости и долговечности.

Одними из важнейших условий строительства дорог является долговечность покрытия и сохранение его несущих свойств на протяжении длительного срока.

Соблюдение этих условий строительным организациям можно достичь благодаря применению современной, высокоэффективной техники, которая обеспечивает качественное строительство дорожного полотна и его уплотнение.

Уплотнение является завершающей операцией по строительству дорожного полотна, и качество ее проведения будет впоследствии определять безубыточность строительства.

Современная техника становится не только дороже из года в год, но и больше по массе и габаритам, так как предприятия ее выпускающие, для того, чтобы успеть за темпами строительства дорог, не изменяя технологию процесса уплотнения, просто увеличивают размеры и массу уплотняющего оборудования, чтобы оно давало большую производительность. Это становится крайне невыгодно строительным организациям, так как происходит увеличение финансовых затрат на транспортирование, содержание и эксплуатацию такой техники. Поэтому одной из основных проблем является создание оборудования, которое, не взвинчивая финансовые вложения позволит обеспечить решение задач по созданию высококачественного уплотненного дорожного полотна при нарастающих запросах строительства и ремонта дорог. Именно в направлении увеличения прочности и долговечности дорог работают все фирмы и предприятия, которые пытаются зарекомендовать себя, применяя дорогостоящие материалы и усложняя технологию уплотнения. Однако все эти методы, по-прежнему, оказываются слабо эффективными в области качества, не обеспечивая требуемой степени уплотнения.

Для проведения работ по уплотнению на стройплощадках приходится формировать целый отряд уплотняющей техники, состоящий из нескольких типоразмеров катков, в то время как уплотняющее оборудование можно выполнить навесным на технику, работающую круглый год на строительстве дорог и строительных площадок.

Одним из вариантов такого оборудования является навесное сменное уплотняющее оборудование с изменяющимся воздействием на материал, которое позволит уплотнять дорожно-строительные материалы уже имеющейся техникой, без приобретения дополнительных машин.

Существующий парк уплотняющих машин – это тяжелая, энергоемкая техника, требующая огромных затрат на свое содержание. При этом принципы ее работы в процессе уплотнения остаются такими же, как и в 70-80 годы XX века. Основную номенклатуру машин для уплотнения грунтов составляют одно- и двухвальцовые вибрационные самоходные катки, применяемые при сменном объеме работ более 1500 м² и толщине уплотняемого слоя более 0,3 м.

Все производители «грунтовых» вибрационных катков, которые конкурируют на мировом рынке строительной и дорожной техники, активно используют появляющиеся достижения и новинки, позволяющие достичь максимальной степени уплотнения дорожно-строительных материалов.

Проблема уплотнения весьма разносторонняя и связана с решением комплекса важных вопросов: эксплуатационная надежность и долговечность покрытий, совершенствование существующих и разработка перспективных конструкций уплотняющего оборудования, организация и технология строительства покрытий, эффективность использования уплотняющего оборудования.

Затраты на производство работ по уплотнению составляют всего 0,8-1,3% от стоимости строительства, однако даже небольшие отклонения от требуемого качества приводят к существенному снижению всех эксплуатационных показателей, главным образом срока службы. Именно в процессе уплотнения материалы и асфальтобетонные смеси приобретают заданные свойства, определяющие срок службы покрытия. Сохранение качества процесса уплотнения при измененных условиях уплотнения является обязательным условием работы создаваемого уплотняющего оборудования.

Представленная дипломная работа направлена на создание сменного навесного уплотняющего оборудования, которое можно навешивать на различные дорожно-строительные машины и обеспечить снижение как материальных, так и энергетических затрат в технологии и в рабочем процессе уплотнения.

1 Аналитическая часть

1.1 Современные способы, техника и технологии процесса уплотнения

В мире существует несколько традиционных способов воздействия на материал, с целью его уплотнения. Это укатка, являющаяся самым распространенным и простым способом уплотнения, трамбование, применяемое в основном для уплотнения асфальтобетонных и цементобетонных покрытий, вибрация, нашедшая широкое использование не только в дорожном строительстве, но и при устройстве взлетно-посадочных полос и в ручных механизированных работах по ремонту покрытий, а также комплексное воздействие, то есть сочетание вышеперечисленных, обычно двух методов уплотнения. Классифицируя уплотнение по силовому воздействию на материал, его можно разделить на статическое и динамическое.

Укатка заключается в перекачивании цилиндрических рабочих органов определенной формы и массы, в частности вальцов или колес, по уплотняемой поверхности. В результате перекачивания в зоне контакта создается давление рабочего органа на поверхность под действием силы тяжести машины и соответствующее ему пятно контакта с уплотняемым материалом. Давление вызывает напряжения в уплотняемом материале, которое приводит к его деформации. При этом окончательная, необратимая деформация и порождает собой необходимый эффект уплотнения. Дальнейшее увеличение плотности материала может быть достигнуто лишь увеличением нагрузки на валец с увеличением размеров самого вальца. Однако такой простой метод в условиях современности требует машин огромных размеров для уплотнения более глубоких слоев и увеличенной ширины полосы уплотнения, большего числа проходов по одному следу для небольших машин, в результате ни первое, ни второе условия становятся не выгодными организациям - строителям, прежде всего, с финансовой стороны.

Это не выгодно и эксплуатирующим организациям, так как происходит увеличение времени на производство работ. Наиболее распространенными машинами, в основе которых лежит принцип укатки, как один из способов уплотнения, являются гладковальцовые катки, катки с решетчатыми, кулачковыми и ребристыми вальцами, и пневмошинные катки.

Катки статического действия (рисунок 1.1) благодаря их простоте составляют основу парка уплотняющих машин (60%), и завершение процесса уплотнения чаще всего производится именно такими катками.

К существенным недостаткам гладковальцовых катков относится небольшая глубина проработки материала, ограниченная весом машины и опорной площадью вальца. Для преодоления остаточных деформаций и увеличения степени уплотнения удельное давление на материал приходится постепенно увеличивать, применяя каток большей массы, то есть применять несколько типоразмеров катков в бригадном комплекте. Типоразмер катка

увеличивают постепенно, так как резкое увеличение давления на уплотняемый материал вызывает образование волны перед вальцом, что отрицательно сказывается на качестве уплотнения.



Рисунок 1.1 - Статический гладковальцовый каток фирмы Дунарас и каток ДУ47ДМ фирмы «Раскат»

За счет применения различных катков увеличивается время, необходимое для уплотнения асфальтобетонных смесей, в течение которого смесь остывает и теряет свою деформируемость.

Таким образом, переводя технические недостатки в экономическую область, катки статического действия обладают невысокой производительностью при высокой надежности.

Пневмошинные катки (рисунки 1.2 и 1.3) практически лишены таких недостатков, но их применяют при уплотнении материалов с малым сопротивлением. При этом время воздействия такого рабочего оборудования на материал следует немного увеличить. Продолжительность воздействия у пневмошинных катков больше из-за проявления шины усадочных свойств, что позволяет повысить скорость укатки и снизить число проходов по одному следу.

Возможность регулировки давления шины в таких уплотняющих машинах позволяет изменять контактное воздействие на материал от прохода к проходу. К недостаткам пневмошинных катков следует отнести невысокую ровность поверхности после укатки, которую обычно устраняют, применяя регулируемое воздействие на материал в процессе уплотнения. В результате пневмошинные катки являются первой машиной с возможностью регулирования силового воздействия на материал в ходе уплотнения. Это качество пневмошинных катков следует учесть в дальнейших исследованиях уплотняющего рабочего оборудования. Однако такое воздействие заключается

лишь в автоматическом увеличении давления в шинах в зависимости от числа проходов катка по одному следу и толщины укатываемого слоя.

Решетчатые, перфорированные (рисунок 1.4), кулачковые (рисунки 1.5, 1.6, 1.7 и 1.8) и ребристые (рисунок 1.9) уплотняющие рабочие органы применяются для уплотнения на больших слоях покрытий, поэтому их можно встретить на работах по уплотнению гравийных, скальных и грубоскальных настилов для прокладывания автомобильных дорог.



Рисунок 1.2 - Единственный в мире пневмошинный вибрационный каток GW750 фирмы «Sakai» и каток ДУ-100 фирмы «Раскат»



Рисунок 1.3 - Пневмошинные катки фирм Динапас и Vibromax

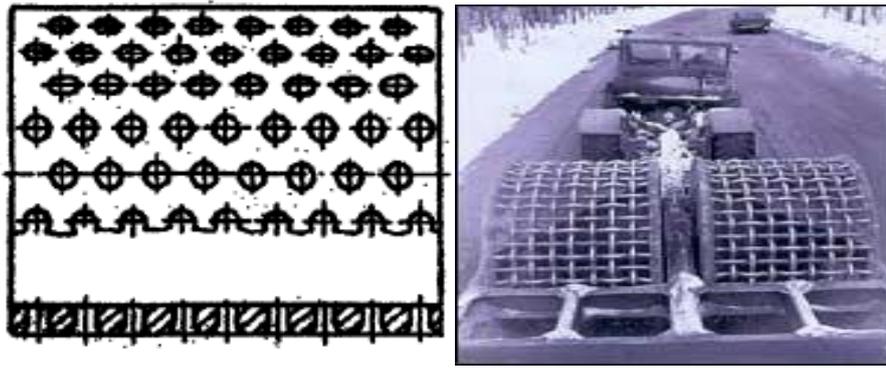


Рисунок 1.4 - Перфорированный валец и прицепной решетчатый каток весом 25 т

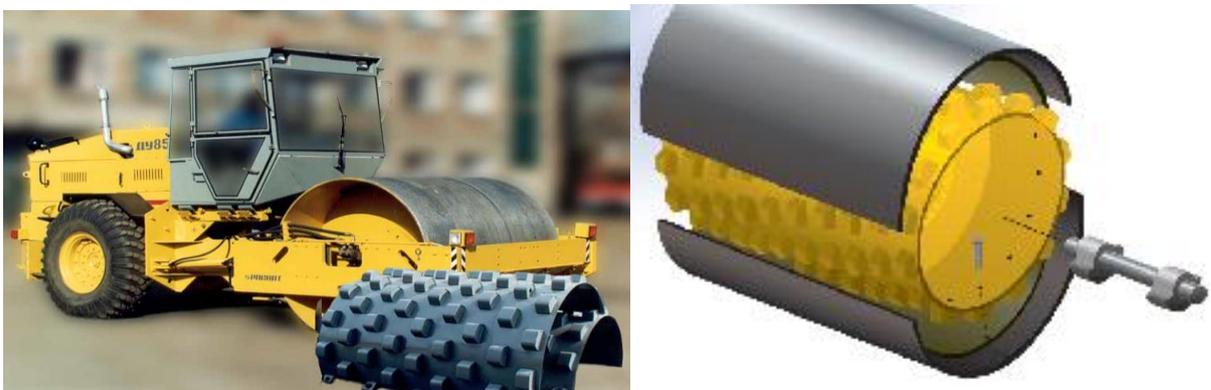


Рисунок 1.5 - Самоходный дорожный каток с вариантами трансформации гладковальцового катка в кулачковый и наоборот

Кулачковые катки могут иметь кулачковые вальцы вместо ведущих колес (рисунок 1.6), иметь цельный валец-барабан на котором монтируются кулачки различной формы и рисунка их расположения (рисунок 1.7), а могут иметь уплотняющий валец, собранный из кулачковых дисков-сегментов (рисунок 1.8).

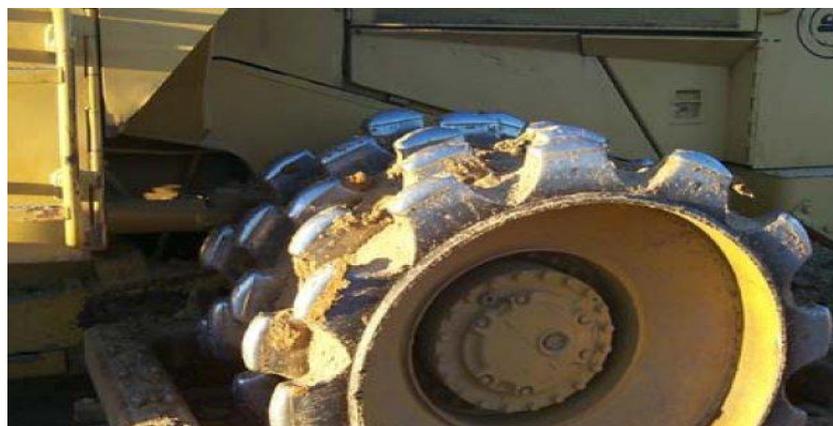
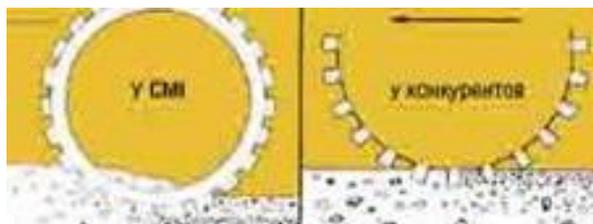


Рисунок 1.6 - Ведущий кулачковый валец дорожного катка

При уплотнении таким вальцом сегменты позволяют накапливаться материалу внутри вальца и затем распределяться по укатываемой поверхности при проникновении сегмента глубоко в грунт, тогда как обыкновенный кулачковый каток может проникать в грунт только на высоту кулачка до барабана (рисунок 1.8,б). Благодаря такой уникальной особенности уплотнения исключается возможность образования неуплотненных участков (провалов, пустот), что существенно повышает качество в процессе эксплуатации построенных дорог.



Рисунок 1.7 - Самоходный каток с кулачковым вибровальцем фирмы "Dresser" (а) и кулачковый каток фирмы «Ingersoll-Rand» (б), (США)



а)

б)

Рисунок 1.8 - Кулачковый сегментный каток TEREX СМІ 3-35С

Конструкторская мысль ведущих мировых машиностроительных компаний движется навстречу самым разным и постоянно растущим запросам потребителя. Фирма Bomag (Германия) создала оригинальный крупный ребристый виброкаток BW225 D-3 BVC с многогранной поверхностью вальца (рисунок 1.9). Валец имеет три сваренных в единый широкий валец восьми-сегментных или восьмигранных кольца, которые смещены (повернуты) относительно друг друга на половину длины одного сегмента. В результате на вальце катка находится 24 ровных (плоских) площадки с гранями. При каче-

нии такого вальца статические и динамические воздействия на грунт передаются площадками и гранями.

В связи с новинкой фирмы Bomag полезно вспомнить Российский прицепной каток ДМ-7 ударного действия с некруглыми вальцами (рисунок 1.10), который при перекатывании с грани на грань опрокидывается на большую плоскую площадку, производя всей своей массой ударное нагружение грунта с хорошим результатом уплотнения. Во время работы, вальцы перекатываются через закругленные выступы и ударяют по уплотняемой поверхности криволинейными сторонами. Энергия удара вальцов такого типа зависит от массы вальцов, перепада высот и скорости движения.

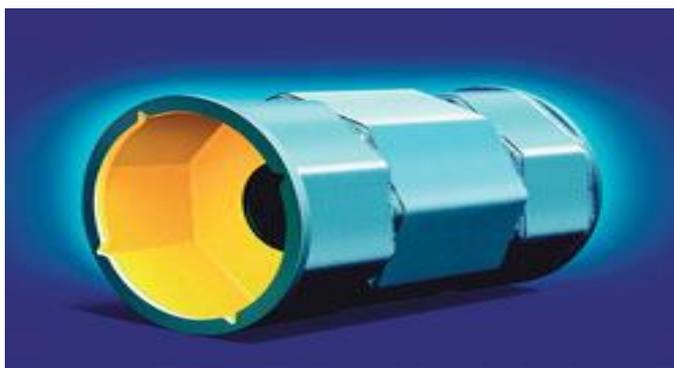


Рисунок 1.9 - Ребристый валец виброкатка BW225 D-3 BVC фирмы Bomag



Рисунок 1.10 - Прицепной ударный каток ДМ-7 с некруглыми вальцами

Это первый дорожный каток, совмещающий укатку и трамбование.

Важнейшим требованием, обеспечивающим стабильность во времени земляного полотна автомобильных дорог, а значит, и всей дороги, является обеспечение необходимой степени уплотнения грунтов в земляном полотне. Ее величина равна отношению плотности в насыпи к максимальной плотности при стандартном уплотнении. Особо высокие требования плотности

грунтов предъявляются к рабочему слою - верхнему уровню земляного полотна. Для уплотнения различных грунтов (песчаных, супесчаных и глинистых) в мировой практике в основном применяют комбинированные вибрационные самоходные катки с одним вибровальцем и двумя пневмоколесами (рисунок 1.11), называемые "грунтовыми" или "вальценцуг".



Рисунок.1.11 - Катки комбинированного действия

Увеличение производительности и глубины проработки материала в таких катках достигается применением различных вибровозбудителей, представляющих собой как простые дебалансы, так и сложные многоамплитудные механизмы (рисунок 1.12).

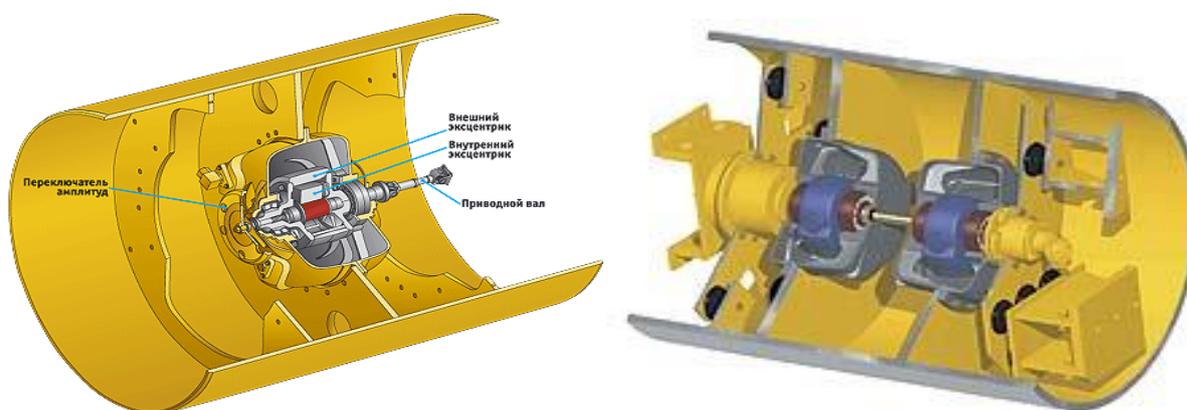


Рисунок 1.12 - Установка многоамплитудных вибровозбудителей фирмы «Caterpillar» внутри вибровальца

В простых вибровозбудителях направление вращения и соответственно амплитуда переключаются с рабочего места оператора, а в сложных переключаются вручную с помощью маховика на механизме вибрации, изменяющего угловое положение эксцентриков.

Как правило, для толстых слоев уплотняемого материала используются большие амплитуды с меньшими частотами, для тонких применяются малоамплитудные высокочастотные колебания вальца. К комбинированным каткам относятся и дорожные катки, содержащие одновременно и пневмошинные колеса и гладковальцовыйвибровалец (рисунок 1.13). Такие катки применяются, в основном, при уплотнении асфальтобетонных покрытий. В процессе укатки применяются и другие комбинации рабочих органов, но они не отличаются способом уплотнения, а лишь формой движителя (рисунок 1.14).



Рисунок 1.13 - Комбинированный каток SAKAI TW 502 включающий в себя передний гладковальцовыйвибровалец и задние гладкие пневмошины



Рисунок 1.14 - Самоходный вибрационный каток SAKAI CV550D для уплотнения откосов и других строительных площадок, расположенных под уклоном к горизонту

Семейство виброкатков привлекает внимание не только своими габаритами, внешним видом и весом. Главное их достоинство и особенность состоит в том, что в свои конструкции они впитали прогрессивные идеи и раз-

работки последнего времени в области технологии уплотнения (регулирование уплотняющего воздействия катка, использование низкочастотного и высокочастотного режимов колебаний вальца, дискретная многоамплитудность вибрации, автоматическая настройка частоты колебаний для выбранной амплитуды, увязка рабочей скорости катка с частотой циклов нагружения материала и другое, т.е. все то, что сегодня называют – «умными» или интеллектуальными катками или вальцами).

Следующим способом уплотнения является трамбование, основанное на ударном воздействии рабочего органа на уплотняемый материал. При ударе кинетическая энергия рабочего органа, имеющего определенную скорость, переходит в энергию удара на материал и тем самым вызывает повышение давления в зоне контакта, поэтому здесь важно соблюсти такие параметры рабочего органа, как масса, вес и скорость при ударе, дабы избежать разуплотнения от остаточной энергии в близлежащих зонах. В результате удара частицы смеси сдвигаются и накапливают остаточные деформации. Накопление напряжений в зоне контакта позволяет уплотнять на больших глубинах, однако последующее трамбование, не только из-за массы, веса и скорости рабочего органа, но и из-за превышения максимально допустимого напряжения сжатия, приведет к разупрочнению рядом лежащих участков, в результате о качестве уплотнения и максимальном уплотнении говорить не приходится. Отсутствует регулировка между горизонтальным перемещением машины, площадью трамбуемого штампа и скоростью его воздействия на уплотняемый материал.

Виброуплотнение, то есть воздействие на материал волновой энергии вибрации, применяют преимущественно на несвязных материалах, так как такое воздействие позволяет упорядочить его структуру. Большая доля вибрационного воздействия ложится на вибрационные катки, то есть сочетание вибрации и процесса укатки. Вибрация эффективно влияет на формирование упорядоченной, компактной структуры материала, а сдвигающее усилие и динамическое давление от вальца вызывает необратимые деформации материала. Однако на материалах с низкой сдвиговой прочностью их довольно трудно применять. Кроме этого эффект вибрации вызывает разрушение близ расположенных сооружений, поэтому для вибрационных катков устанавливаются ограничения на дальность их работ от зданий.

Альтернативой вибрационным каткам могут стать виброволновые катки. Виброволновый дорожный каток отличается от вибрационного катка тем, что его рабочий орган не колеблется, а периодически деформируется, что приводит к интенсификации уплотнения дорожно-строительных материалов. В виброволновом вальце вибрация на уплотняемый материал передается через деформируемую поверхность, поэтому он сочетает в себе преимущества вибрационных катков (динамическое воздействие на уплотняемый материал) и пневмоколесных катков (мягкость воздействия на уплотняемый материал). Это свойство виброволновых катков следует учесть в дальнейших исследованиях.

Оптимального критерия для подбора оборудования, к сожалению, пока не существует, поэтому следует руководствоваться достигаемым эффектом уплотнения, который должен быть приближен к максимальному, и минимальной величиной отношения стоимости проведенных работ к единице уплотненного материала.

Исходя из приведенного обзора существующих методов уплотнения, наиболее перспективным является развитие методов уплотнения, основанных на использовании эффекта комбинации пневмошинных или виброволновых катков и трамбуемого оборудования. Это и простота устройства, и экономически выгодная стоимость работ таких устройств, и возможность применения их для уплотнения грунтов и других материалов с различными, изменяющимися в процессе уплотнения характеристиками.

1.2 Патентно-технический обзор и анализ уплотняющего оборудования

Исследование процесса уплотнения с самого начала его развития идет в различных направлениях. Рассмотрим основные из них. Это возможность плавного регулирования величины контактного давления в зоне взаимодействия с материалом от прохода к проходу для приведения его к величине предела прочности уплотняемого материала, что при возможности выполнения этих работ одним катком приведет к сокращению типоразмеров катков в одном отряде. Вторым направлением совершенствования процесса уплотнения является использование сочетания двух методов уплотнения, в частности укатки и трамбования, что позволит увеличить глубину проработки материала и сохранить предполагаемое качество уплотнения, при этом сократив число проходов катка, необходимых для доведения материала до заданной плотности. Третьим вариантом совершенствования процесса уплотнения является создание активного рабочего органа с циклическим ударно-укатывающим действием, который комбинацией многократных воздействий на материал позволяет достичь в уплотняемой среде заданного коэффициента уплотнения. Современной модернизацией всех трех направлений воздействия стало бы установление обратной связи между уплотняемым материалом и рабочим органом, что позволило бы осуществлять контроль процесса уплотнения в ходе изменения параметров уплотняемой среды.

Развитие первого направления вызвано относительно малыми изменениями в конструкциях уже существующей техники, что выгодно для проектировщиков-организаций, занимающихся данным оборудованием. Третий вариант с развитием волновых теорий к концу двухтысячного года мало учитывал, возникающие в уплотняемом материале при ударно-укатывающем действии напряжения, которые вызывали при одновременном уплотнении одного участка разупрочнение соседних уже уплотненных участков. Поэтому

наиболее перспективным осталось направление развития техники, сочетающей в себе два метода уплотнения, в частности укатку и трамбование.

Проведем предметный патентный поиск для выявления аналогов и анализа существующих конструкций комбинированных дорожных катков, сочетающих в себе принцип укатки и трамбования и катков, способных изменять величину контактного давления в зоне соприкосновения с уплотняемым материалом.

Примером быстроперенастраиваемого вальца с изменяемой величиной контактного давления за счет изменения радиуса кривизны обечайки является конструкция (а.с. 935569) (рисунок 1.15). Работа вальца осуществляется следующим образом: гидромотор 1 через цепные передачи 2 и 3 приводит во вращение опорные валики 4 и 5, которые, опираясь на внутреннюю поверхность гибкой цилиндрической обечайки 6, катятся по ней. Вследствие того, что обечайка не проскальзывает по поверхности уплотняемого материала, качение опорных роликов по ее внутренней поверхности сопровождается поступательным перемещением кронштейна 7, а вместе с ним и рамы 8 в целом.

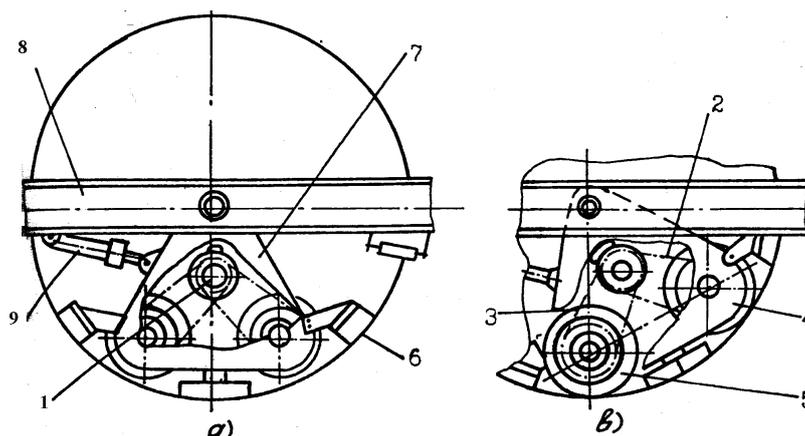


Рисунок 1.15 - Валец по а.с. СССР № 935569

Гидроцилиндр 9, втягиваясь или выдвигаясь, может изменять положение кронштейна 7 относительно поверхности уплотняемого материала, изменяя, таким образом, радиус кривизны обечайки в месте контакта. В положении, когда линия, соединяющая поверхности касания опорных валиков с обечайкой параллельна поверхности уплотняемого материала, контактное давление минимально, а в положении, когда ось одного из валиков расположена на перпендикуляре к поверхности в месте касания – максимально. Начинать уплотнение следует при положении кронштейна (рис 1.15,а), а заканчивать – при положении кронштейна (рис 1.15,в). Недостатком устройства является нерациональное изменение угла скатывания при переналадке вальца, который должен быть минимальным при работе на

рыхлом материале. В рассмотренной конструкции это условие не соблюдается.

Целью изобретения (а.с. СССР №1096330), также является сокращение типоразмеров дорожных катков за счет бесступенчатого изменения величины контактного давления в зависимости от предела прочности обрабатываемого материала. Указанная цель достигается тем, что ведущий валец (рис 1.16) имеет обечайку 1 из упругого материала с расположенными в ее полости и контактирующими с внутренней поверхностью опорными роликами 2, оси которых расположены по симметричному замкнутому контуру переменного радиуса кривизны. При работе на рыхлом материале валец установлен как показано на рис 1.16, и такому положению соответствует максимальный радиус кривизны, а, следовательно, минимальное давление. Далее, для повышения эффективности уплотнения, необходимо увеличить давление вальца в зоне контакта – это достигается поворотом его на требуемый угол посредством гидроцилиндра 3.

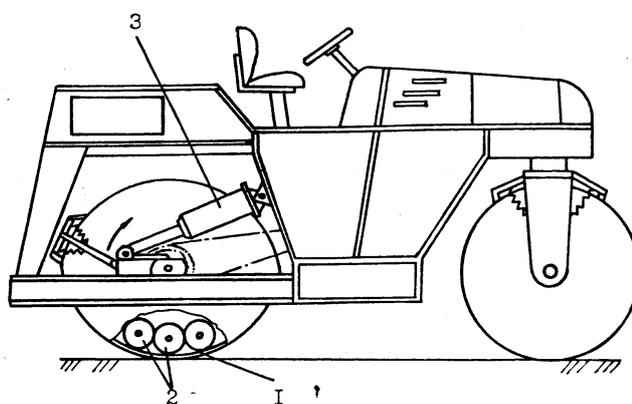


Рисунок 1.16 - Дорожный каток с вальцом переменного радиуса кривизны

Аналогичную цель преследует изобретение (а.с. 723017), в котором изменение контактного давления вальцов достигается плавной балластировкой катка, путем перераспределения веса балласта (рисунок 1.17) между тремя вальцами 1,2,3. По мере уплотнения материала возникает необходимость в увеличении удельного давления на вальцах 1 и 2, что осуществляется включением средства 4 для создания вакуума, с помощью которого и создают избыточное давление на шасси и платформу 5.

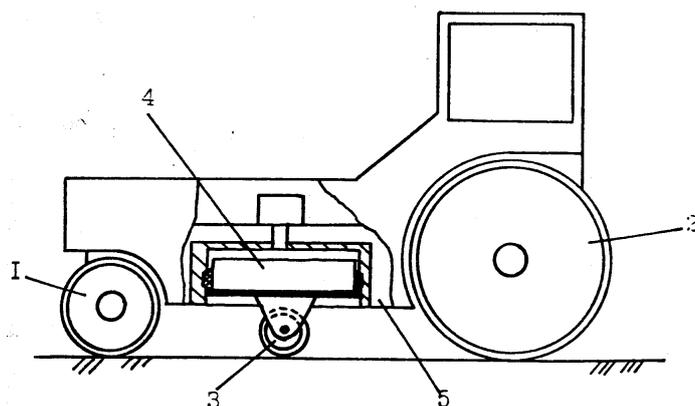


Рисунок 1.17 - Каток с плавной балластировкой

На рисунке 1.18 представлена схема вальца катка с гибкой обечайкой, способной гидроцилиндрами 3 изменять радиус своей кривизны, а, значит, и пятно контакта с уплотняемым материалом (предварительный патент РК №18131. А.с. на изобретение РК № 51084). Изменение площади контакта вальца с уплотняемым материалом изменяет величину приложенной к нему силы со стороны вальца, зависящую от веса катка, приходящегося на этот валец. Так как масса катка в период уплотнения остается постоянной, то увеличение кривизны обечайки ведет к увеличению пятна контакта и, следовательно, к уменьшению уплотняющего усилия. Уменьшение пятна контакта наоборот, увеличит давление вальца на уплотняемый материал.

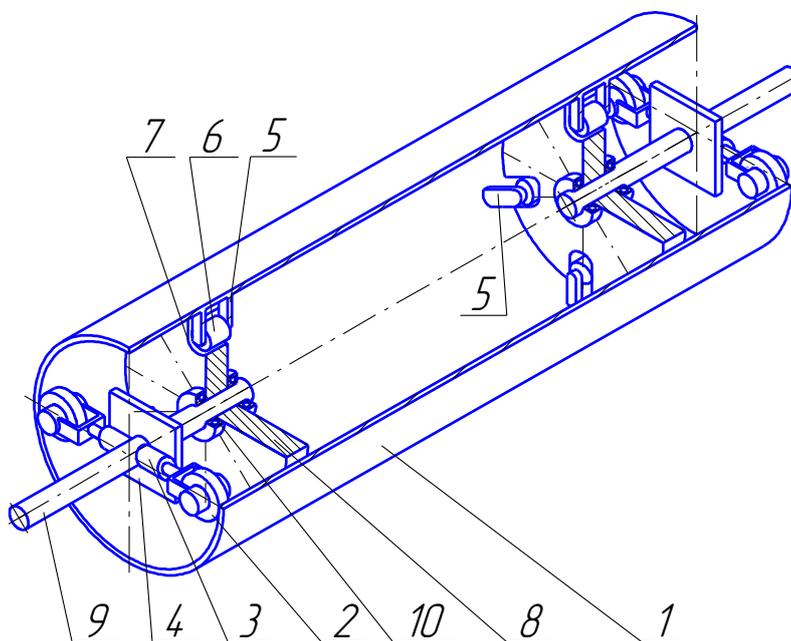


Рисунок 1.18- Схема вальца с гибкой обечайкой по патенту РК № 18131. А.с. на изобретение РК № 51084: 1– обечайка; 2-упорные ролики; 3– гидроцилиндры

Рассмотренные решения позволяют уникальностью своей конструкции сократить номенклатуру дорожных катков, однако при этом они не претендуют на усовершенствование технологии уплотнения дорожно-строительных материалов, мало учитывая изменение свойств уплотняемого материала в процессе уплотнения, не адаптируясь к возможным изменениям в ходе формирования уплотненного слоя. Недостатком данных решений остается большое число проходов по одному следу для достижения заданной плотности.

Одним из путей интенсификации процесса уплотнения при сокращении числа проходов является добавление к статической нагрузке, действующей от вальца на материал, динамической. Динамическая нагрузка имеет, по сравнению со статической, большую энергию и осадка материала под воздействием такой нагрузки резко увеличивается, особенно в начале процесса уплотнения. Одним из решений такого пути является изобретение по патенту США № 4334799, в котором обработка производится как статическим давлением рабочего органа на материал, так и динамическим воздействием. Каток состоит из нескольких дисков 1 (рисунок 1.19), имеющих общую ось 2 и катящихся по уплотняемой поверхности. Между дисками на осях 3 с возможностью вращения вокруг них установлены штампы 4 с криволинейным профилем 5. При движении катка штампы периодически наносят удары криволинейной поверхностью по материалу, а затем прокатываются по поверхности и дополнительно производят уплотнение верхнего слоя путем статического воздействия.

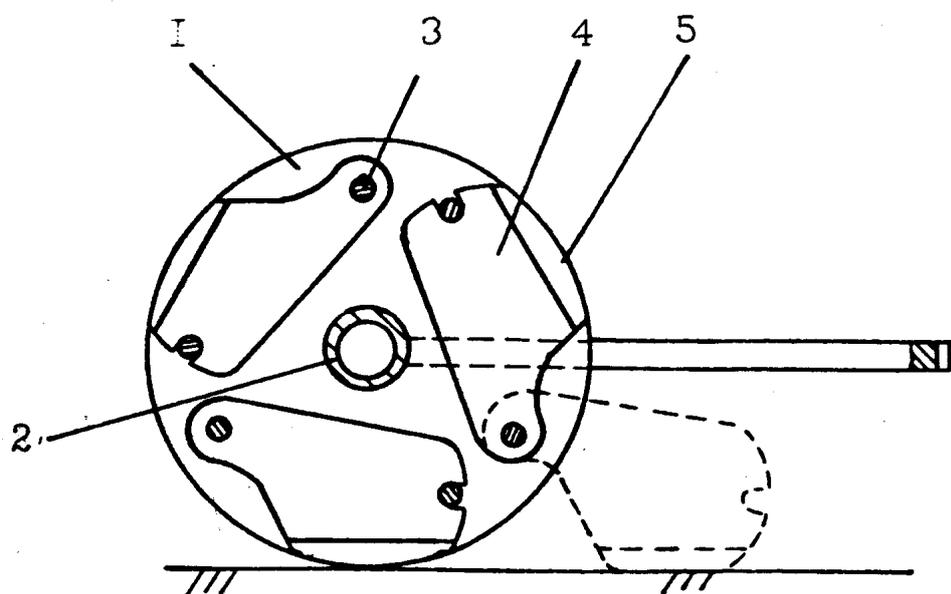


Рисунок 1.19 - Импульсный каток по патенту США № 4334799

Обзор и анализ патентно-технических решений в области процесса уплотнения грунтов определил основные тенденции развития уплотняющей

техники, которые обусловлены стремлением к повышению эффективности существующих конструктивных решений при минимально возможных стоимостных и энергетических затратах. Из рассмотренных механизмов наибольшее внимание следует уделить тем, которые способны повысить производительность работ по уплотнению и уменьшить вероятность появления таких дефектов, как сдвиг материала с образованием волн, что является в настоящее время очень актуальным вопросом, а также разрыхление поверхностного слоя.

В связи с этим в дипломной работе разработано и представлено конструктивное решение уплотняющего вальца, обеспечивающего катящуюся, циклическую траекторию движения рабочего органа, связь степени уплотнения материала с величиной контактного давления вальца на него, сокращение количества проходов вальца по уплотняемому материалу до достижения требуемой плотности, сокращение времени на реверс.

Предлагаемый в работе валец сочетает циклическое трамбующее воздействие на уплотняемый материал и свойства катков на пневматических шинах, что, несомненно, позволит сократить количество проходов уплотняющей машины по одному следу без ухудшения качества уплотняемой поверхности и с достижением необходимой степени уплотнения.

В результате проведенного анализа парка машин дорожно-строительных управлений были выявлены несколько базовых машин, имеющих почти во всех рассмотренных организациях, и обладающих достаточной степенью универсальности.

Это экскаваторы, фронтальные погрузчики, автогрейдеры и асфальтоукладчики. Взвесив все положительные и отрицательные стороны, мы выбрали установку проектируемого вальца на фронтальный погрузчик. Данная машина уже является универсальной, потому что может работать с различным навесным оборудованием и обладает достаточной мощностью и надежностью.

Мощная рама фронтальных погрузчиков не требует дополнительного ее усиления и переделки. Нет необходимости в дополнительной установке гидронасоса, все навесное оборудование работает от штатной гидравлики.

На фронтальный погрузчик устанавливаются различные передние отвалы – складные, косые и прямые, устанавливаются средние и боковые отвалы, роторные снегоочистители, цеповые косилки и ножницы, ковшовые распределители, и мусороуборщики. На переднюю плиту, вместо ковша устанавливаются подметальные щетки. К плите щетки крепятся с помощью быстроразъемного соединения и работают от штатной гидравлики погрузчика. Скорость вращения вала щетки 100–285 об/мин. Эти параметры наиболее близко подходят к уплотняющему вальцу, так как и форма рабочего органа и его крепление к стреле погрузчика во многом схожи с подметальной щеткой.

Варианты установки навесного рабочего оборудования на фронтальные погрузчики представлены в виде схемы на рисунке 1.20.

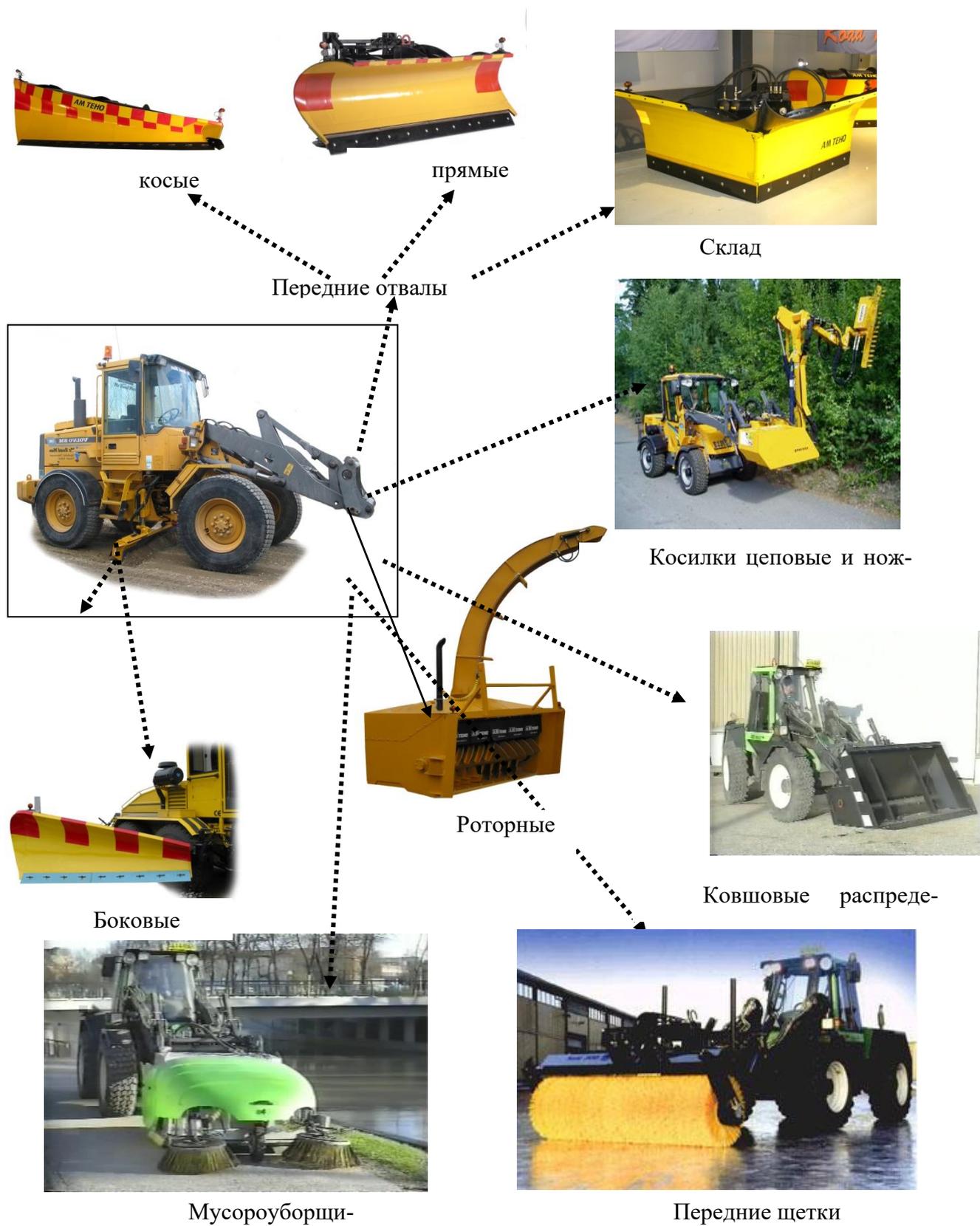


Рисунок 1.20 -Варианты установки и применения различного навесного рабочего оборудования на фронтальные погрузчики

Проектируемое уплотняющее оборудование, благодаря крюковому захвату, является быстросменным, что сокращает простой техники при эксплуатации. Его небольшой вес и универсальность кожуха позволяют крепить его в качестве дополнительного оборудования к различным техническим средствам, что также подтверждает его уникальность и универсальность. Установка уплотняющего рабочего органа на погрузчик (рисунок 1.21), при уплотнении строительных площадок позволит обойтись без дополнительного заказа на уплотняющую технику. Вместо двух катков разной массы достаточно будет приобрести данный рабочий орган и установить его на погрузчик.

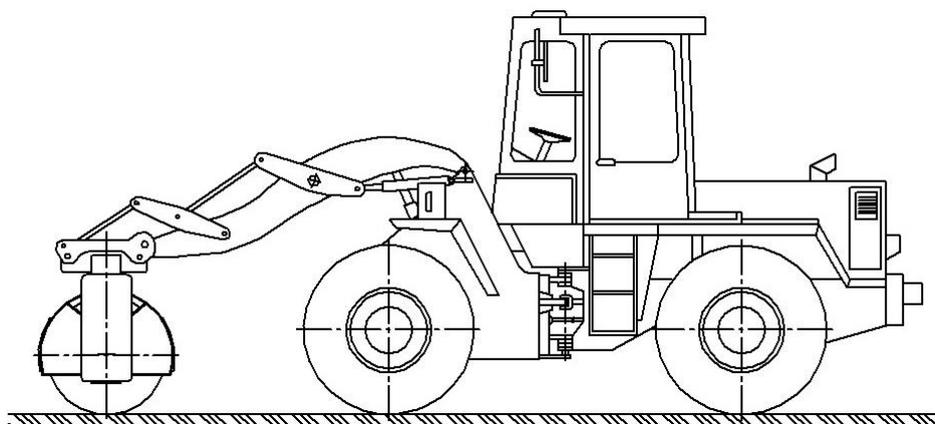


Рисунок 1.21 - Вариант крепления уплотняющего рабочего оборудования к фронтальному погрузчику

Использование же его совместно с серийной тяжелой машиной позволит уплотнять любые небольшие участки поверхности, например при ремонте дорожного полотна, когда обычной ручной виброплиты не достаточно.

В дипломной работе подробно рассматривается возможность установки уплотняющего рабочего органа на фронтальный погрузчик, рассчитываются все необходимые параметры для обеспечения безопасной работы и надежной эксплуатации.

1.3 О компании ТОО «Ремдортехника»

ТОО Ремдортехника является производителем и поставщиком дорожно-строительной техники, различных емкостей и металлоконструкций. Работа предприятия на современном рынке включает в себя несколько направлений. Это выпуск дорожно-строительной и коммунальной техники, автотопливозаправщиков, бензовозов, автобитумовозов, автогудронаторов и нефтевозов. Кроме того, предприятие занимается изготовлением емкостей различного назначения. Технические возможности и оборудование завода позволяют выполнять широчайший спектр работ: сварочные, токарные, фрезерные,

зуборезные, кузнечные работы, плазменную резку, ковку и механообработку. Основной номенклатурой выпускаемой на заводе продукции является: нефтевозы; прицеп - цистерны ПЦ; автоцистерны объемом от 8 до 40 м³; полуприцеп - тяжеловоз F-859; автобитумовозы; автогудронаторы; автотопливозаправщик; автопогрузчики; электропогрузчики; стальные резервуары от 10 до 100 м³.

Структура предприятия приведены на рисунке 1.22.



Рисунок 1.22 – Структура предприятия ТОО «Ремдортехника»

Выпуск подъемно-транспортной и дорожно-строительной техники

- изготовление полуприцепов грузоподъемностью 20,0 тн; 33,0 тн;
- ленточные конвейеры и транспортеры ;
- автопогрузчики;
- электропогрузчики;
- изготовление прицепов (полуприцепов) - тяжеловозов для перевозки дорожно-строительной техники грузоподъемностью 60,0 тн;
- изготовление автотопливозаправщиков, бензовозов, автобитумовозов, автогудронаторов различных модификаций;
- выпуск насосов для перекачки битума, кранов 2-х и 3-х ходовых;
- изготовление передвижных котлов для разогрева битума евростандарта;
- изготовление бетономешалок объемом 0,1; 0,25; 1,0 м³;

- изготовление различных емкостей для хранения ГСМ, воды и т. д. вместимостью от 1,0 до 130,0 м³.

Продукция компании отвечает ТУ и ГОСТам Республики Казахстан, имеется коллектив грамотных специалистов, который помогут приобрести нужную продукцию или изготовят технику по чертежам и пожеланиям заказчика.

Инфраструктура компании

ТОО «Ремдортехника» обладает хорошо развитой инфраструктурой (имеются собственные базы, заводы, железнодорожные тупики), и обширным представительством по Казахстану.

В настоящее время ТОО «Ремдортехника» имеет в своем составе более 10 филиалов и представительств в различных регионах Республики Казахстан.

Компания хорошо представлена в таких бурно развивающихся регионах как: Мангыстауская, Атырауская, Западно-Казахстанская и Актюбинская областях.

На территории Республики Казахстан компания располагает следующими объектами инфраструктуры: асфальтные заводы с подъездными путями и складами для хранения инертных материалов и битума –2 ед., (г.Атырау, г.Аксай);кирпичный завод –1 ед., (г.Атырау);железнодорожные тупики –2 ед., (г.Алматы, г.Атырау);железобетонный узел –1 ед., (г.Алматы).

Кроме того, компания имеет 25 136 квадратных метров производственных площадей; 5 868кв.метров складских помещений; склады ГСМ вместимостью 1 175тонн. Общая площадь земельных участков, занимаемых подразделениями компании, составляет 26,24 гектара.

Техническая база компании

На данный период ТОО «Ремдортехника» представляет собой хорошо оснащенную, мобильную строительную компанию, полностью укомплектованную высокопроизводительной техникой.

В списке техники компании присутствуют несколько типов фронтальных погрузчиков различных производителей, поэтому дальнейшие исследования по теме работы будем проводить относительно именно этих машин.

2 Конструкторская часть

2.1 Описание конструкции уплотняющего рабочего оборудования

Уплотняющее рабочее оборудование массой 2,55 тонн, прицепное (навесное) к фронтальному погрузчику ТО-18, или, как было сказано выше, к другим дорожно-строительным машинам в качестве дополнительного рабочего оборудования, предназначено для однопроходного уплотнения предварительно спланированных насыпных грунтов и гравийно-щебёночных материалов при строительстве автомобильных дорог и других сооружений.

В уплотняющем рабочем оборудовании реализуется принцип трамбовки и укатки материала путем вращения рабочего органа (полиуретанового вальца) в эксцентриковом валу. Укатка осуществляется за счет свободного движения полиуретанового вальца в пазах эксцентриков с помощью базовой машины, перемещающейся со скоростью 1 км/ч. Трамбовка осуществляется за счет принудительного вращения вальца с частотой 500 об/мин при помощи двух синхронизированных гидромоторов.

В отличие от грунтового виброкатка фронтальный погрузчик ТО-18 способен транспортироваться на объект самоходом, что снижает затраты на топливо и эксплуатацию в целом.

Уплотняющее рабочее оборудование состоит из полиуретанового вальца длиной 3 м и диаметром 1 м, который устанавливается в 2 эксцентрика, величина эксцентриситета которого равна 1,25 см. Полиуретановый валец в эксцентриках не закрепляется, а свободно вращается в подшипниках в одной фазе. Эксцентрики состоят из двух полуэксцентриков и крышки подшипника. На одном из двух полуэксцентриков имеется вал, который закрепляется в редукторе привода вальца. Два одинаковых редуктора передают крутящий момент от двух синхронизированных, регулируемых аксиально-поршневых гидромоторов на полиуретановый валец. Синхронизация гидромоторов привода вальца обеспечивается за счет объемного делителя потока, который состоит из 2-х регулируемых шестеренчатых насос-моторов, закрепленных на одном валу. Вся конструкция крепится к металлической раме. К раме крепится кожух цилиндрической формы, изготовленный из пластика. В металлической конструкции для подавления колебаний стрелы при креплении уплотняющего рабочего оборудования к стреле погрузчика установлены демпферы.

Уплотняющее рабочее оборудование обеспечивает показатели производительности, соответствующие показателям грунтовых виброкатков того же типоразмера.

2.2 Техническая характеристика уплотняющего рабочего оборудования

Техническая характеристика уплотняющего рабочего оборудования приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Техническая характеристика уплотняющего рабочего оборудования

Масса, т	2,55
Ширина уплотняемой полосы, мм	3000
Диаметр вальца, мм	1000
Габаритные размеры (LxVxH),мм	3620x1130x1385
Частота вращения рабочего органа, об/с	8
Скорость движения, м/с	0,27
Шаг воздействия рабочего органа, мм	34
Динамическое усилие, т	31,43
Передаточное число редуктора	4
Привод рабочего оборудования	Гидростатический
Мощность двигателя привода рабочего оборудования, кВт	26
Техническая производительность, (кв.м/ч)/(куб.м./час)	2900/145

2.3 Описание и техническая характеристика базовой машины

На фронтальном погрузчике обеспечивается установка уплотняющего оборудования спереди, со стороны уплотняемого материала. Навесное уплотняющее оборудование посредством крюкового захвата крепится к portalной раме, жестко установленной на основной раме базовой машины и состоит из уплотняющего рабочего органа (вальца), стрелы, рычажного механизма и гидроцилиндров двустороннего действия. Рабочее уплотняющее оборудование – полиуретановый валец, навешивается (устанавливается) на стрелу и управляется рычажным механизмом, состоящим из двух пар коромысел и поворотных тяг, приводимых в движение двумя гидроцилиндрами. Подъем и опускание стрелы осуществляется двумя другими гидроцилиндрами. Гидравлический привод рабочего оборудования позволяет плавно изменять скорости в широких пределах и надежно предохранять его от перегрузок.

Таблица 2.2 - Основные характеристики базовой машины:

Базовая машина	Фронтальный погрузчик ТО-18
Радиус поворота, мм	5400
Длина, мм	6480
Ширина, мм	2500
Колея, мм	1760
Высота (по крыше кабины), мм	3300
Эксплуатационная масса, кг	8500
Трансмиссия	Гидромеханическая
Двигатель	Д-245
Эксплуатационная мощность, кВт (л.с.)	73,5 (100) при 2200 об/мин
Объем гидробака, л	100

Рабочий процесс фронтального погрузчика, оборудованного уплотняющим рабочим органом, состоит из следующих операций: перемещение погрузчика к месту уплотнения материала, опускание вальца на уплотняемый материал, внедрение вальца в уплотняемый материал напорным усилием машины заданной величины, подъем вальца со стрелой по окончанию работ.

2.4 Расчет параметров уплотняющего рабочего оборудования

2.4.1 Расчет массы уплотняющего рабочего оборудования

Уплотняющее рабочее оборудование состоит из следующих элементов конструкции:

- 1) Полиуретанового вальца;
- 2) Рамы, на которой крепится валец;
- 3) 2-х синхронизированных гидромоторов привода вальца;
- 4) 2-х редукторов передачи крутящего момента от привода к вальцу;
- 5) 2-х эксцентриков, обеспечивающих функцию трамбовки вальца;
- 6) Кожуха.

Массу уплотняющего оборудования определим по следующей формуле, суммируя все перечисленные элементы:

$$M_{\Sigma} = M_{\text{вальца}} + M_{\text{ред}} + M_{\text{ГМ}} + M_{\text{кож}} + M_{\text{рамы}} + M_{\text{эксц}}, \quad (2.1)$$

где $M_{\text{вальца}}$ – масса полиуретанового вальца; $M_{\text{ред}}$ – масса редукторов; $M_{\text{ГМ}}$ – масса гидромоторов; $M_{\text{кож}}$ – масса кожуха; $M_{\text{рамы}}$ – масса рамы; $M_{\text{эксц}}$ – масса эксцентриков.

1. Масса вальца $M_{\text{вальца}} = M_{\text{вала}} + M_{\text{Пур}} + M_{\text{МК}} + M_{\text{Тр}}$, (см. рисунок 2.1.)

где $M_{\text{вала}}$ – масса вала; $M_{\text{пур}}$ – масса полиуретанового наполнителя;
 $M_{\text{МК}}$ – масса металлоконструкций; $M_{\text{тр}}$ – масса трубы.

$$1) M_{\text{вала}} = \rho_{\text{ст}} \cdot V_{\text{в}},$$

где $\rho_{\text{ст}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали; $V_{\text{в}} = 0,0041 \text{ м}^3$ – объем вала;
 $M_{\text{вала}} = 7800 \cdot 0,0041 = 32,09 \text{ кг}$.

$$2) M_{\text{пур}} = \rho_{\text{пур}} \cdot V_{\text{пур}},$$

где $\rho_{\text{пур}} = 500 \text{ кг/м}^3$ – плотность полиуретана; $V_{\text{пур}} = 1,98 \text{ м}^3$ – объем отли-
ваемого полиуретана.

$$M_{\text{пур}} = 500 \cdot 1,98 = 986,10 \text{ кг}$$

$$3) M_{\text{МК}} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4,$$

$$M_1 = \rho_{\text{ст}} \cdot V_1,$$

где $\rho_{\text{ст}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали; $V_1 = 0,00058 \text{ м}^3$ – объем 1-ой части.
 $M_1 = 7800 \cdot 0,00058 = 18,19 \text{ кг}$

$$M_2 = \rho_{\text{ст}} \cdot V_2,$$

где $\rho_{\text{ст}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали; $V_2 = 0,00052 \text{ м}^3$ – объем 2-ой части.

$$M_2 = 7800 \cdot 0,00052 = 8,06 \text{ кг}$$

$$M_3 = \rho_{\text{ст}} \cdot V_3,$$

где $\rho_{\text{ст}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали; $V_3 = 0,00047 \text{ м}^3$ – объем 3-ей части.

$$M_3 = 7800 \cdot 0,00047 = 18,51 \text{ кг}$$

$$M_4 = \rho_{\text{ст}} \cdot V_4,$$

где $\rho_{\text{ст}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали; $V_4 = 0,00087 \text{ м}^3$ – объем 4-ой части.

$$M_4 = 7800 \cdot 0,00087 = 34,07 \text{ кг}$$

Определив необходимые нам значения составляющих масс, мы можем
определить $M_{\text{МК}}$: $M_{\text{МК}} = 18,19 + 8,06 + 18,51 + 34,07 = 78,82 \text{ кг}$

$$4) M_{\text{тр}} = \rho_{\text{ст}} \cdot V_{\text{тр}},$$

где $\rho_{\text{ст}}=7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали; $V_4=0,0186\text{м}^3$ - объем трубы.

$$M_{\text{тр}}=7800 \cdot 0,0186=145,12 \text{ кг}$$

Определяем массу вальца: $M_{\text{вальца}}=32,09+989,10+78,82+145,12=1245,13 \text{ кг}$

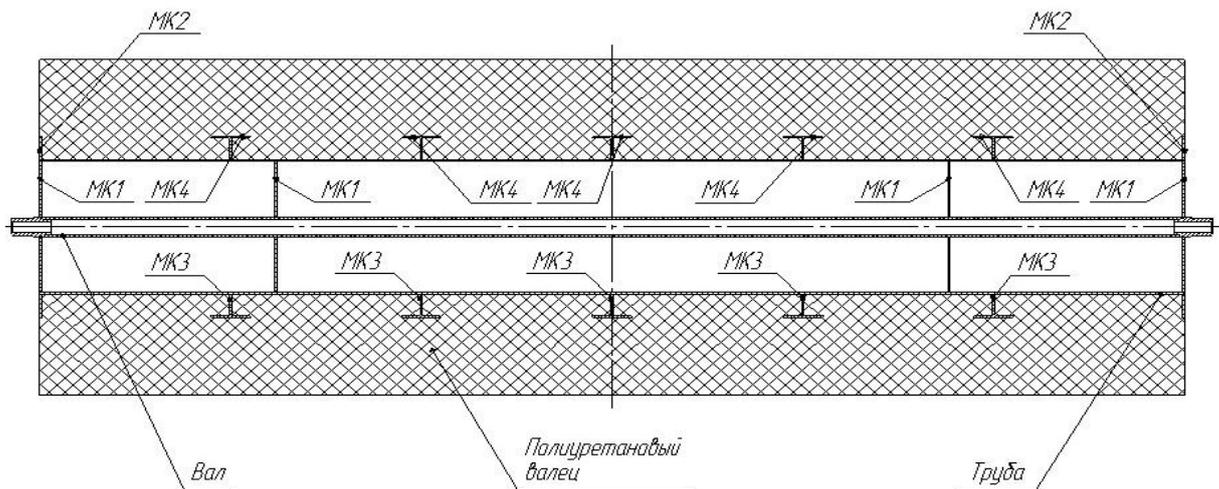


Рисунок. 2.1 - Устройство полиуретанового вальца

2. Масса редукторов

$$M_{\text{ред}}=2 \cdot (M_{\text{зк1}}+M_{\text{зк2}}+M_{\text{зк3}}+M_{\text{зк4}}+M_{\text{зк5}}+M_{\text{кр}}),$$

где $M_{\text{зк1}}$ -масса зубчатого колеса $d=402\text{мм}$; $M_{\text{зк2}}$ -масса зубчатого колеса $d=282\text{мм}$; $M_{\text{зк3}}$ -масса зубчатого колеса $d=90\text{мм}$; $M_{\text{зк4}}$ -масса зубчатого колеса $d=102\text{мм}$;

$M_{\text{кр}}$ -масса крышки;

$$1) M_{\text{зк1}}=43,50 \text{ кг}$$

$$2) M_{\text{зк2}}=22,00 \text{ кг}$$

$$3) M_{\text{зк3}}=8,00 \text{ кг}$$

$$4) M_{\text{зк4}}=2,00 \text{ кг}$$

$$5) M_{\text{зк5}}=2,50 \text{ кг}$$

$$6) M_{\text{кр}}=\rho_{\text{ст}} \cdot V_{\text{кр}},$$

где $\rho_{\text{ст}}=7000 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали; $V_{\text{кр}}=0,0218 \text{ м}^3$ - объем трубы.

$$M_{\text{кр}}=7000 \cdot 0,0218=152,00 \text{ кг}$$

Определяем массу редукторов:

$$M_{\text{ред}}=(43,50+22,00+8,00+2,00+2,50+152,00) \cdot 2=230 \cdot 2=460 \text{ кг.}$$

3. Масса гидромоторов $M_{ГМ}=30 \cdot 2=60$ кг

4. Масса кожуха $M_{кож}=\rho_{пл} \cdot V_{кож}$,

где $\rho_{пл}=2000$ кг/м³ – плотность пластмассы; $V_{кож}=0,18$ м³ - объем кожуха.

$M_{кож}=2000 \cdot 0,18=353$ кг

5. Масса рамы $M_{рамы}=\rho_{ст} \cdot V_{рамы}$,

где $\rho_{ст}=7800$ кг/м³ – плотность стали; $V_{рамы}=0,0442$ м³ - объем кожуха.

$M_{рамы}=7800 \cdot 0,0442=345$ кг

6. Масса эксцентриков $M_{эксц}=2 \cdot \rho_{ст} \cdot V_{эксц}$,

где $\rho_{ст}=7800$ кг/м³ – плотность стали; $V_{эксц}=0,0059$ м³ - объем эксцентрика.

$M_{эксц}=7800 \cdot 0,0059 \cdot 2=92,23$ кг

Подставим найденные значения масс в формулу (2.1) определим общую массу уплотняющего оборудования:

$M_{\Sigma}=1245,13+460+60+353+345+92,23=2555,36$ кг

2.4.2 Расчет радиуса вальца

Радиус вальца определяем из условия отсутствия скольжения его по поверхности участка уплотнения /24/.

На качество поверхностного слоя материала в значительной мере влияют режим работы оборудования и геометрические размеры рабочего органа. В силу конструктивных особенностей механизма валец совершает неравномерное движение по участку уплотнения, что при определенных условиях может привести к скольжению его по поверхности. Скольжение же, в свою очередь, создает благоприятные условия для сдвига материала, что влечет за собой снижение плотности в поверхностном слое и появление неровностей.

Рассмотрим систему сил, действующих на валец в процессе уплотнения материала. Для эффективной работы оборудования должно быть соблюдено следующее условие:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{q \cdot E}{P_1}} = \sqrt{\frac{P \cdot E}{B \cdot R_1}} \quad (2.2)$$

где σ_k - величина контактного давления вальца на материал;
 q - удельное линейное давление;
 E - модуль деформации материала в рассматриваемой точке участка уплотнения;
 R_1 - радиус вальца;
 P - общее усилие, действующее на валец со стороны кривошипно-кулисного механизма;
 B - длина вальца.
 Откуда можно найти:

$$R_1 = \frac{P \cdot E}{\sigma_k^2 \cdot B} \quad (2.3)$$

В качестве постоянных параметров процесса приняты следующие:

$$\sigma_k = 8 \text{ кг/см}^2 = 80 \cdot 10^4 \text{ Па};$$

$$E = 120 \text{ кг/см}^2 = 12 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Величина P равна силе тяжести рабочего оборудования $G_{т.ро}$:

$$P = G_{т.ро} = 25550 \text{ Н}$$

$$B = 3 \text{ м}$$

Подставив эти значения в формулу (2.3), получим:

$$R_1 = \frac{25550 \cdot 12 \cdot 10^6}{80^2 \cdot 10^8 \cdot 3} = 0,16 \text{ м}$$

$$R_{\min} = 0,16 \text{ м.}$$

Принимаем радиус вальца равным $R_b = 0,5 \text{ м}$, исходя из условия N -кратного воздействия на точку при одном проходе базовой машины.

2.4.3 Определение ширины вальца

Стандартная ширина базы дорожно-строительной техники равна $2 \div 3 \text{ м}$. Исходя из этих условий, принимаем ширину вальца уплотняющего рабочего оборудования равной $B = 3 \text{ м}$.

2.4.4 Расчет пятна контакта

Пятно контакта вальца с уплотняемым материалом (см.рисунок 2.2.) найдем по следующей формуле:

$$L = \frac{R(1 + \cos \varphi_1)}{2} \cdot \varphi_0 \cdot \frac{\pi}{180} + R \cdot \sin \varphi_1; \quad (2.4)$$

где L – длина пятна контакта;

R – радиус вальца;

φ_1 – угол, образующий участок В; φ_0 – угол, образующий участок L;

$R = 50$ см;

Значениями углов зададимся, исходя из плотности полиуретана:

$\varphi_1 = 20$ град; $\varphi_0 = 20$ град.

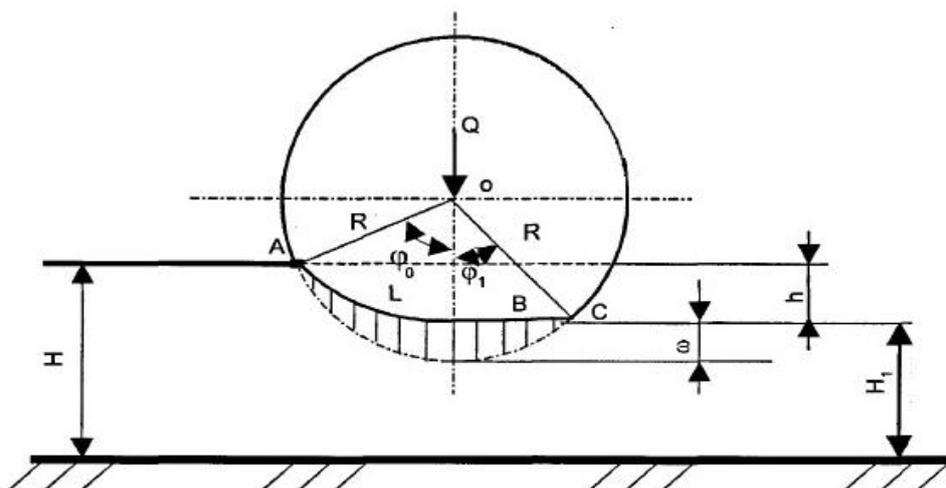


Рисунок 2.2 - Пятно контакта вальца с уплотняемым материалом

Подставим данные значения в формулу (2.4):

$$L = \frac{50(1 + \cos 20^\circ)}{2} \cdot 20^\circ \cdot \frac{\pi}{180} + 50 \cdot \sin 20^\circ = 34 \text{ см}$$

2.4.5 Расчет шага воздействия уплотняющего рабочего органа на материал

Шаг воздействия определим по следующей формуле:

$$t = \frac{L}{N}; \tag{2.5}$$

где L – длина пятна контакта;

N – количество воздействий на одну и ту же точку уплотняемого участка.

$L = 34$ см.

Величиной N задаемся равной 10.

Подставим искомые значения в формулу (3.5): $t = \frac{34}{10} = 3,4$ см

2.4.6 Расчет эксцентриситета

Эксцентриситет определим по следующей формуле:

$$e = \frac{L}{n \cdot t}; \quad (2.6)$$

где L – длина пятна контакта;
 n – частота вращения уплотняющего рабочего органа;

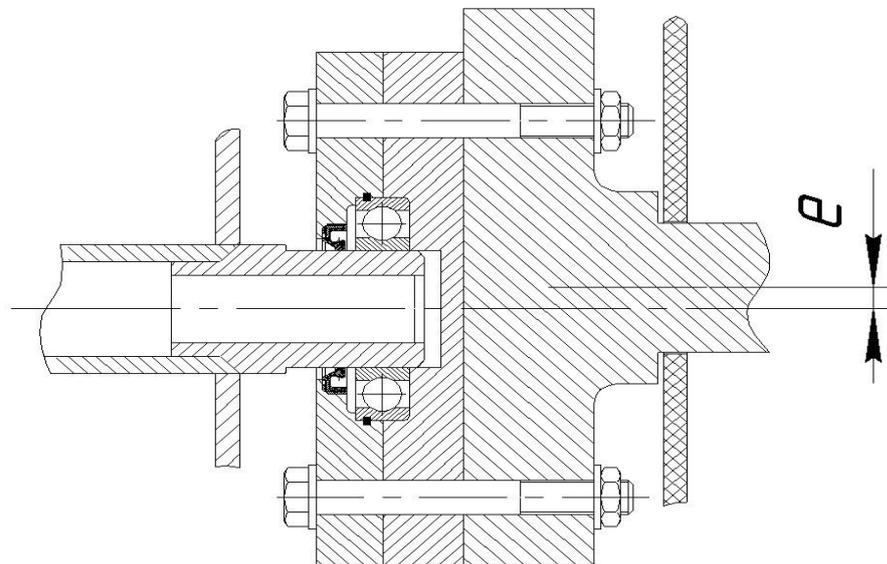


Рисунок 2.3 – Эксцентриситет оси вальца и эксцентрика

t – шаг воздействия уплотняющего рабочего органа.

$L = 34$ см, $t = 3,4$ см

Частотой вращения рабочего органа сначала мы зададимся: $n=8$ об/с.

Подставим искомые значения в формулу (2.6):

$$e = \frac{34}{8 \cdot 3.4} = 1,25 \text{ см}$$

После определения величины e , мы проведем расчет на определение минимально допустимой частоты вращения.

2.4.7 Расчет частоты вращения вальца

Эффект уплотнения зависит от усилия, которым уплотняющий рабочий орган будет воздействовать на материал. Это усилие складывается из статического усилия от массы уплотняющего оборудования и динамического усилия от массы вращающейся части уплотняющего оборудования. Т.к. оно располагается спереди погрузчика, то необходимо соблюсти следующее условие:

$$P_{уро} \geq P_{маш} \quad (2.7)$$

где $P_{уро}$ – усилие на материал уплотняющего рабочего оборудования;

$P_{маш}$ – сила тяжести фронтального погрузчика.

Неравенство (2.4) можно преобразовать в следующий вид:

$$P_{\text{стат}} + P_{\text{дин}} \geq P_{\text{маш}} \quad (2.8)$$

где $P_{\text{стат}}$ – статическое усилие;

$P_{\text{дин}}$ – динамическое усилие.

$$P_{\text{маш}} = M_{\text{погр}} \cdot g,$$

где $M_{\text{погр}} = 8500$ кг – масса погрузчика;

$g = 9,8$ кг/м·с² – ускорение свободного падения.

$$P_{\text{маш}} = 8500 \cdot 9,8 = 85000 \text{ Н}$$

$$P_{\text{стат}} = M_{\text{уро}} \cdot g,$$

где $M_{\text{уро}} = 2555$ кг – масса уплотняющего рабочего оборудования;

$g = 9,8$ кг/м·с² – ускорение свободного падения.

$$P_{\text{стат}} = 2555 \cdot 9,8 = 25550 \text{ Н}$$

Подставив найденные значения $P_{\text{стат}}$ и $P_{\text{маш}}$ в неравенство (2.8), получим:

$$P_{\text{дин}} \geq 59450 \text{ Н}$$

Теперь определим, чему равна $P_{\text{дин}}$:

$$P_{\text{дин}} = \frac{M \cdot V^2}{e}, \quad (2.9)$$

где M – масса вращающейся части (полиуретанового вальца);

V – линейная скорость вращения;

e – величина эксцентриситета;

$$V = \omega \cdot e = 2\pi \cdot n \cdot e, \quad (2.10)$$

где n – частота вращения;

e – величина эксцентриситета.

Подставим выражение для линейной скорости вращения V (2.10) в формулу (2.9) и выразим из получившегося выражения n . В итоге получим:

$$n \geq \sqrt{\frac{14862,5}{M\pi^2 e}}, \quad (2.11)$$

$$n \geq 1,1 \text{ об/с.}$$

Выбранная нами ранее частота вращения уплотняющего рабочего органа попадает в область значений для допустимой частоты вращения.

Следовательно, окончательно принимаем значение частоты $n = 8$ об/с = 500 об/мин.

2.4.8 Расчет динамического усилия уплотняющего рабочего оборудования на грунт

Динамическое усилие можно определить по уже упоминавшейся выше формуле (2.9):

$$P_{\text{дин}} = \frac{M \cdot V^2}{e}$$

где $V = \omega \cdot e = 2\pi \cdot n \cdot e$

Все необходимые величины нам известны и определены выше. Поэтому поставим их значения в приведенные формулы:

$$V = 2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 0,01 = 0,5024 \text{ м/с}$$

$$P_{\text{дин}} = \frac{1245 \cdot 0,5024^2}{0,01} = 31,428 \text{ т}$$

2.5 Расчет стрелы погрузчика

Стрелу необходимо рассчитать на возможность появления продольных изгибающих деформаций. Материал стрелы – сталь 10ХСНД, $[\sigma] = 260 \text{ МПа}$.

1. Определение усилия в гидроцилиндре поворота рабочего оборудования.

$$S_k = \left(R_x \frac{l_3}{l_4} + R_y \frac{l_1}{l_4} + G_{\text{уро}} \frac{l_2}{l_4} \right) \cdot \frac{l_5}{l_6} \frac{l_7}{l_8} \frac{1}{n_{\text{п}}}; \quad (2.12)$$

где R_x, R_y – реакции на рабочее оборудование погрузчика соответственно по оси x и y , возникающие при резании грунта ковшом. Так как вместо ковша установлено уплотняющее рабочее оборудование $R_x = R_y = 1$;

$$G_{\text{уро}} = 25500 \text{ Н}; n_{\text{п}}$$

$$l_2 = 0,323 \text{ м}; \quad l_5 = 0,173 \text{ м}; \quad l_8 = 0,111 \text{ м}; l_{11} = 2,070 \text{ м};$$

$G_{\text{уро}}$ – сила тяжести рабочего оборудования; $n_{\text{п}}$ – число гидроцилиндров поворота рабочего оборудования (см. рисунок 2.4).

$$l_3 = 1,445 \text{ м}; \quad l_6 = 0,210 \text{ м}; \quad l_9 = 0,111 \text{ м}; l_{12} = 3,607 \text{ м};$$

$$S_k = \left(\frac{1,445}{0,045} + \frac{0,898}{0,045} + 25500 \cdot \frac{0,323}{0,045} \right) \cdot \frac{0,144}{0,173} \frac{0,21}{0,136} \frac{1}{2} = 117658 \text{ Н}$$

2. Определение усилия в гидроцилиндре подъема стрелы /3/

$$S_c = \frac{R_x l_{11} + R_y l_9 + G_{стр} l_{13} + G_{уро} (l_{12} - l_1 + l_2) + S_k l_9}{h_c l_{10}};$$

где $G_{стр}$ – сила тяжести стрелы;

n_c – число гидроцилиндров подъема стрелы.

$$S_c = \frac{2,070 + 0,111 + 8000 \cdot 1,428 + 25500(3,607 - 0,898 + 0,323) + 117658 \cdot 0,111}{2 \cdot 0,555} = 91715 \text{ Н}$$

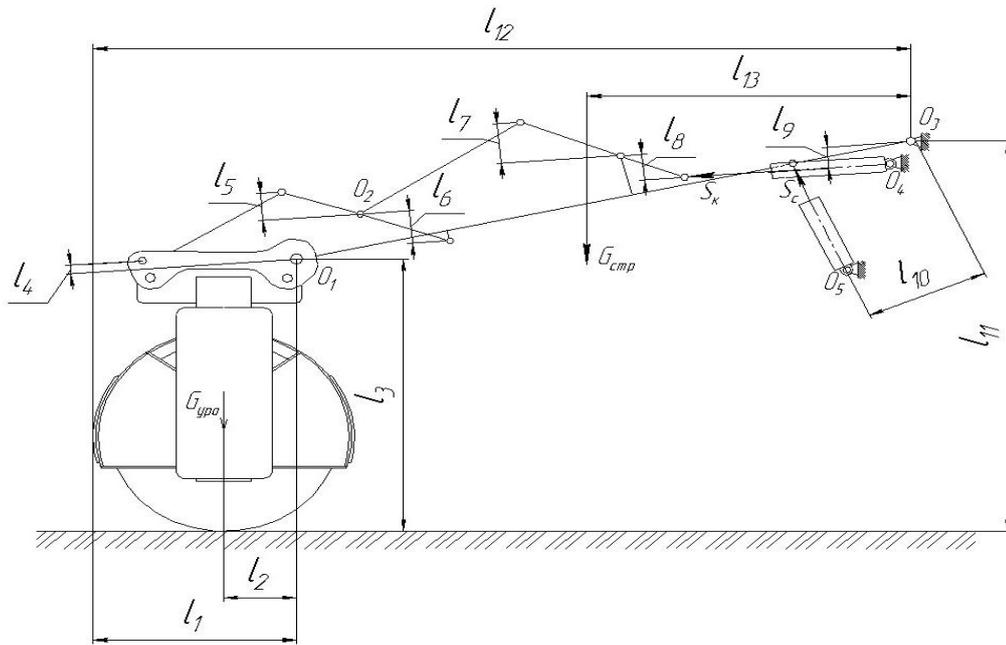


Рисунок 2.4 - Усилия в гидроцилиндрах погрузчика

3 Расчет стрелы на изгиб

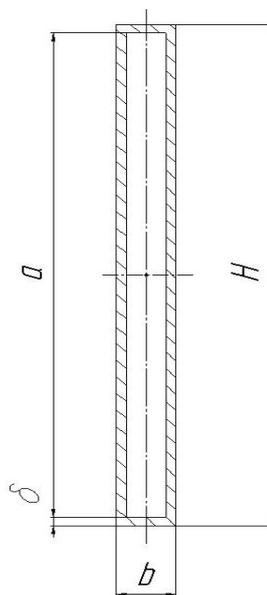


Рисунок 2.5 - Поперечный разрез стрелы

1) Площадь поперечного сечения $F = F_1 - F_2$

$$F_1 = H \cdot b;$$

$$F_2 = (b - 2\delta) \cdot a, \quad a = H - 2\delta,$$

где $H = 30$ см, $b = 3$ см, $\delta = 0,5$ см, $a = 30 - 2 \cdot 0,5 = 29$ см (см рисунок 2.5).

$$\text{Откуда } F_1 = 30 \cdot 3 = 90 \text{ см}^2,$$

$$F_2 = (3 - 2 \cdot 0,5) \cdot 29 = 58 \text{ см}^2.$$

Площадь поперечного сечения $F = 90 - 58 = 32 \text{ см}^2$.

2) Момент инерции сечения

$$J_x = J_1 + J_2 + F \cdot Y_{\max}^2,$$

где J_1, J_2 – моменты инерции площади 1 и 2 соответственно;

Y_{\max} – расстояние до точки, наиболее отдаленной от нулевой линии.

$$J_1 = n \frac{\delta \cdot a^3}{12};$$

$$J_2 = n \frac{\delta \cdot b^3}{12};$$

$$Y_{\max} = H/2,$$

где n – количество листов определенных параметров ($n_1 = n_2 = 2$);

$$J_1 = 2 \cdot \frac{0,5 \cdot 29^3}{12} = 2032,42 \text{ см}^4;$$

$$J_2 = 2 \cdot \frac{0,5 \cdot 3^3}{12} = 2,25 \text{ см}^4;$$

$$Y_{\max} = 30/2 = 15 \text{ см}.$$

Момент инерции сечения

$$J_x = 2032,42 + 2,25 + 32 \cdot 15^2 = 9234,67 \text{ см}^4$$

3) Момент сопротивления изгибу

$$W_x = \frac{J_x}{Y_{\max}} = \frac{9234,67}{15} = 615,64 \text{ см}^3$$

4) Наибольший изгибающий момент

$$M = G_{\text{уро}} \cdot L_{\text{стр}},$$

где $G_{\text{уро}} = 25500$ Н – сила тяжести уплотняющего рабочего оборудования;

$L_{\text{стр}} = 3,125$ м – длина стрелы.

$$M = 25500 \cdot 3,125 = 79,69 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

5) Наибольшее суммарное напряжение

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{79690}{615,64} = 129,44 \text{ МПа}$$

$$[\sigma] = 260 \text{ МПа}$$

$$\sigma < [\sigma]$$

2.6 Расчет гидроцилиндров стрелы

2.6.1 Расчет гидроцилиндра подъема стрелы

Рабочее давление в гидросистеме $P_{\text{ном}} = 16$ МПа.

Диаметр поршня гидроцилиндра $D_{\text{ц}}$ определяется исходя из требуемой максимальной нагрузки на штоке гидроцилиндра.

$$D_{\text{ц}} = 2 \sqrt{\frac{R_{\text{ц}}}{\pi \cdot \Delta P_{\text{ц}} \cdot \eta_{\text{ГМЦ}}}};$$

где $R_{\text{ц}} = 91715$ Н – усилие на штоке гидроцилиндра;

$\Delta P_{\text{ц}} = 0,9 \cdot P_{\text{ном}} = 14,4$ МПа – перепад давлений на гидроцилиндре;

$\eta_{\text{ГМЦ}} = 0,95$ – гидромеханический КПД гидроцилиндра.

$$D_{\text{ц}} = 2 \sqrt{\frac{91715}{3,14 \cdot 14,4 \cdot 0,95}} = 92,4 \text{ мм}$$

Задаемся $\varphi = 1,65$ – соотношение поршневой и штоковой полости гидроцилиндра.

Диаметр штока гидроцилиндра находим из соотношения:

$$d_{\text{ц}} = D_{\text{ц}} \sqrt{\frac{\varphi - 1}{\varphi}} = 92,4 \sqrt{\frac{1,65 - 1}{1,65}} = 58 \text{ мм}$$

Выбираем гидроцилиндр /14/:

$D = 100$ мм – диаметр поршня;

$d = 60$ мм – диаметр штока;

$F_{\text{п}} = 78,5$ см² – площадь поршневой полости;

$F_{\text{ш}} = 47,6$ см² – площадь штоковой полости;

$L = 1000$ мм – ход поршня;

$R_{\text{выт}} = 126000$ Н – усилие при выталкивании;

$R_{\text{вт}} = 81000$ Н – усилие при втягивании;

Расход рабочей жидкости для гидроцилиндра:

$$Q_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} \frac{\pi D_{\text{ц}}^2}{4};$$

где $V_{\text{ц}} = 0,1$ м/с – требуемая скорость движения штока.

$$Q_{\text{ц}} = 0,1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,100^2}{4} = 0,785 \text{ л/с}$$

2.6.2 Расчет гидроцилиндра поворота рабочего оборудования

Диаметр поршня гидроцилиндра $D_{\text{ц}}$ определяется исходя из требуемой максимальной нагрузки на штоке гидроцилиндра.

$$D_{\text{ц}} = 2 \sqrt{\frac{R_{\text{ц}}}{\pi \cdot \Delta P_{\text{ц}} \cdot \eta_{\text{гмц}}}};$$

где $R_{\text{ц}} = 117658 \text{ Н}$ – усилие на штоке гидроцилиндра;

$\Delta P_{\text{ц}} = 0,9 \cdot P_{\text{ном}} = 14,4 \text{ МПа}$ – перепад давлений на гидроцилиндре;

$\eta_{\text{гмц}} = 0,95$ – гидромеханический КПД гидроцилиндра.

$$D_{\text{ц}} = 2 \sqrt{\frac{117658}{3,14 \cdot 14,4 \cdot 0,95}} = 104,7 \text{ мм}$$

Задаемся $\varphi = 1,33$ – соотношение поршневой и штоковой полости гидроцилиндра.

Диаметр штока гидроцилиндра находим из соотношения:

$$d_{\text{ц}} = D_{\text{ц}} \sqrt{\frac{\varphi - 1}{\varphi}} = 104,7 \sqrt{\frac{1,33 - 1}{1,33}} = 52,15 \text{ мм}$$

Выбираем гидроцилиндр/14/:

$D = 110 \text{ мм}$ – диаметр поршня;

$d = 50 \text{ мм}$ – диаметр штока;

$F_{\text{п}} = 95 \text{ см}^2$ – площадь поршневой полости;

$F_{\text{ш}} = 71,5 \text{ см}^2$ – площадь штоковой полости;

$L = 320 \text{ мм}$ – ход поршня;

$R_{\text{выт}} = 152000 \text{ Н}$ – усилие при выталкивании;

$R_{\text{вт}} = 121000 \text{ Н}$ – усилие при втягивании;

Расход рабочей жидкости для гидроцилиндра:

$$Q_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} \frac{\pi D_{\text{ц}}^2}{4}; Q_{\text{ц}} = 0,1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,110^2}{4} = 0,950 \text{ л/с}$$

где $V_{\text{ц}} = 0,1 \text{ м/с}$ – требуемая скорость движения штока.

2.7 Тяговый расчет

Тяговый расчет погрузчика с уплотняющим рабочим оборудованием будем производить по методике для катка/1/.

Определим тяговое усилие машины из следующего соотношения:

$$T = G_{\text{сц}} \cdot \varphi_{\text{сц}},$$

где T – сила тяги машины;

$G_{\text{сц}} = 40000 \text{ Н}$ – сцепной вес машины;

$\varphi_{\text{сц}} = 0,9$ – коэффициент сцепления;

Сила тяги погрузчика с уплотняющим оборудованием

$$T = 40000 \cdot 0,9 = 36000 \text{ Н}$$

Условие, при котором машина будет функционировать:

$$W_{\Sigma} \leq T.$$

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2 + W_3.$$

1) W_1 – сопротивление перекачиванию катка при движении вверх по уклону.

$$W_1 = G \cdot (f + i),$$

где $G = 85000$ Н – вес машины;

$f = 0,2$ – сопротивление перекачиванию;

$i = 0,05$ – уклон.

Сопротивление перекачиванию катка

$$W_1 = 85000 \cdot (0,2 + 0,05) = 21250 \text{ Н.}$$

2) W_2 – сопротивление инерции при трогании с места.

$$W_2 = m \cdot x \cdot (V / t_p),$$

где $m = 8500$ – масса катка;

$V = 1$ км/ч = $0,27$ м/с – скорость движения;

$t_p = 2$ с. – время разгона;

$x = 1,1$ – коэффициент учета вращающихся масс.

Сопротивление инерции при трогании с места

$$W_2 = 8500 \cdot 1,1 \cdot (0,27 / 2) = 1262 \text{ Н.}$$

3) W_3 – дополнительное сопротивление на криволинейных участках.

$$W_3 = K_1 \cdot G_1,$$

где $K_1 = 0,3$ – коэффициент сопротивления;

$G_1 = 40000$ Н – сила тяжести катка на управляемой оси.

Дополнительное сопротивление на криволинейных участках

$$W_3 = 0,3 \cdot 40000 = 12000 \text{ Н}$$

Суммарное сопротивление движению

$$W_{\Sigma} = 21250 + 1262 + 12000 = 34512 \text{ Н}$$

Откуда следует, что $W_{\Sigma} < T$.

2.8 Расчет производительности

Производительность погрузчика с уплотняющим рабочим оборудованием определим, как производительность катка:

$$\Pi = \frac{(B_B - a_B) \cdot V_K}{z};$$

где $B_B = 3$ м – ширина уплотняемой полосы;

$a_B = 0,1$ м – величина перекрытия предыдущего прохода;

$V_K = 2$ км/ч – скорость движения;

$z = 2$ – количество проходов.

Производительность погрузчика с уплотняющим рабочим оборудованием:

$$\Pi = \frac{(3-0,1) \cdot 2000}{2} = 2900 \text{ м}^2/\text{ч}$$

Можно еще определить объемную производительность по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{(B_B - a_B) \cdot V_K \cdot h}{z};$$

где $h = 5$ см – толщина уплотняемого слоя.

$$\Pi = \frac{(3-0,1) \cdot 2000 \cdot 0,05}{2} = 145 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2.9 Определение оптимального ресурса и уровня надежности навесного уплотняющего оборудования фронтального погрузчика ГО-18

Исходные данные: фактические удельные затраты на запасные части в интервалах наработки; $(A + B + C)$ – сумма коэффициентов, характеризующих соотношение затрат на текущие ремонты машин; C_0 – стоимость машины, тыс. тенге.

Исходные данные приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Исходные данные для определения оптимального ресурса и уровня надежности навесного уплотняющего оборудования фронтального погрузчика ГО-18

Удельные фактические затраты на запасные части (тыс. тенге/ч) в интервалах наработки, ч						Сумма коэф. A+B+C	Стоимость объ- ектов C, тыс. тенге
0-2000	2000- 4000	4000- 6000	6000- 8000	8000- 10000	10000- 12000		
0,137	0,619	2,110	2,544	5,498	5,851	2,15	4750

Требуется определить: оптимальный ресурс навесного уплотняющего оборудования фронтального погрузчика го-18 t_p графическим и аналитическим способами; расход запасных частей за оптимальный ресурс $C_{3,ч}(t_p)$ и по интервалам наработки; изменение суммарных затрат на запчасти $C_{3,ч}(t_p)$ при увеличении наработки машины до капитального ремонта по сравнению с t_p на 10, 20, 30, 50%, построить график.

Для решения поставленных задач необходимо аппроксимировать удельные затраты на запчасти уравнением

$$C_{3,ч}(t) = b_{3,ч} \cdot t^x, \quad (2.13)$$

где χ – уровень надежности объекта; $b_{3,ч}$ – угловой коэффициент кривой затрат на запчасти, тыс. тенге/ч.

Прологарифмировав уравнение (2.13), получим

$$\ln C_{3,ч}(t) = \ln b_{3,ч} + \chi \cdot \ln t, \quad (2.14)$$

Параметры $b_{3,ч}$ и χ определяются по методу наименьших квадратов из системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} \ln b_{3,ч} \cdot N + \chi \cdot \sum_{i=1}^N \ln t &= \sum_{i=1}^N \ln C_{3,ч} \\ \ln b_{3,ч} \sum_{i=1}^N \ln t + \chi \sum_{i=1}^N (\ln t)^3 &= \sum_{i=1}^N (\ln t \cdot \ln C_{3,ч}) \end{aligned} \right\}, \quad (2.15)$$

где N – число интервалов наработки.

Определители данной системы уравнений имеют следующий вид:

$$D = N \cdot \sum_{i=1}^N (\ln t)^2 - \sum_{i=1}^N \ln t \cdot \sum_{i=1}^N \ln t \quad (2.16)$$

$$H = \sum_{i=1}^N \ln C_{3,ч} \cdot \sum_{i=1}^N (\ln t)^2 - \sum_{i=1}^N (\ln t \cdot \ln C_{3,ч}) \cdot \sum_{i=1}^N \ln t \quad (2.17)$$

$$Q = N \cdot \sum_{i=1}^N (\ln t \cdot \ln C_{3,ч}) - \sum_{i=1}^N \ln t \cdot \sum_{i=1}^N \ln C_{3,ч} \quad (2.18)$$

На основе определителей рассчитываются значения

$$b_{3,ч} = \exp(H/D), \quad \chi = Q/D \quad (2.19)$$

Это позволяет вычислять по уравнению (2.13) теоретические затраты на запасные части в интервалах наработки. Все расчеты сводятся в таблицу 2.4.

Поскольку оптимальным ресурсом машины t_p является такая наработка от начала эксплуатации, при которой сумма затрат на приобретение и на проведение текущих ремонтов минимальна, то

$$C_{уд.об}(t) = C_{ТР}(t) + C_{ТР.СР}(t) \rightarrow \min \quad (2.20)$$

Для определения оптимального ресурса графическим способом необходимо рассчитать теоретические значения по интервалам наработки:

– удельных затрат на текущие ремонты по формуле:

$$C_{Т.Р}(t) = (1 + A + B + C) \cdot C_{3ч}(t) \quad (2.21)$$

– средних удельных затрат на текущие, ремонты за наработку от начала эксплуатации до наработки по формуле:

$$C_{T.P.CP}(t) = \frac{B'}{\chi + 1} \cdot t^\chi = \frac{C_{T.P.}(t)}{\chi + 1} \quad (2.22)$$

где $B' = b_{3.ч} \cdot (1 + A + B + C)$;

– удельных затрат на приобретение объекта по формуле

$$C_{IP}(t) = \frac{C_0}{t} \quad (2.23)$$

– общих удельных затрат, связанных с приобретением машин и проведением текущих ремонтов, по формуле (2.20).

Все расчеты сводятся в таблицу 2.4, затем строятся кривые и определяется графически t_p .

Аналитически оптимальный ресурс вычисляется по выражению:

Таблица 2.4 - Результаты расчетов

Наименование показателей	Обозначения	Значения показателей						Сумма значений (для 3...6 строк)
		1000	3000	5000	7000	9000	11000	
1. Интервал наработок, (t_i)	$T(I)$							
2. Удельные фактические затраты на запчасти, $C_{3,ч}$	$Z(I)$	0,137	0,619	2,110	2,544	5,498	5,851	
3. $\ln t_i$	$S=\sum \ln t_i$	6,908	8,006	8,517	8,854	9,105	9,306	50,696
4. $(\ln t_i)^2$	$F=\sum (\ln t_i)^2$	47,717	64,102	72,543	78,388	82,901	86,595	432,245
5. $\ln C_{3,ч,i}$	$P=\sum \ln C_{3,ч,i}$	-1,988	-0,479	0,747	0,934	1,704	1,767	2,684
6. $\ln C_{3,ч,i} \cdot \ln t_i$	$R=\sum \ln C_{3,ч,i} \cdot \ln t_i$	-13,731	-3,840	6,359	8,267	15,518	16,439	29,013
7. Удельные затраты на запчасти, $C_{3,ч,i}$	CZ	0,128	0,762	1,746	3,015	4,533	6,278	
8. Удельные затраты на текущие ремонты, $C_{TR,i}$	CR	0,404	2,401	5,501	9,497	14,279	19,777	
9. Средние удельные затраты на текущие ремонты, $C_{TR,CP}$	CRS	0,154	0,916	2,097	3,621	5,444	7,540	
10. Удельные затраты на приобретение машины, C_{PP}	CPR	4,750	1,583	0,950	0,678	0,528	0,432	
11. Суммарные удельные затраты, $C_{уд}$	CY	4,904	2,499	3,047	4,299	5,972	7,972	
12. Оптимальная наработка, t_p	TR	3073,674						
13. Затраты на запчасти за ресурс t_p	CZR	929,199						
14. Затраты на запчасти за 1,2 t_p	CZT	1193,095	1498,954	1849,113	2245,839	2691,331		
15. Уровень увеличения суммарных затрат на запчасти	V	1,284	1,613	1,990	2,417	2,897		

$$t_p = \left(\frac{C_0 \cdot (\chi + 1)}{\chi \cdot B'} \right)^{\frac{1}{\chi+1}} \quad (2.24)$$

Суммарные затраты на запасные части за оптимальный ресурс определяются по выражению

$$C_{3.ч}^{\Sigma}(t_p) = \frac{C_0}{(1 + A + B + C) \cdot \chi}, \text{ тыс. тенге} \quad (2.25)$$

Для анализа изменения суммарных затрат на запасные части в зависимости от наработки используется выражение

$$C_{3.ч}^{\Sigma}(t_p) = \frac{b_{3.ч}}{\chi + 1} \cdot t^{(\chi+1)}, \text{ тыс. тенге} \quad (2.26)$$

Полученные результаты наносятся на график (рисунок 2.6).

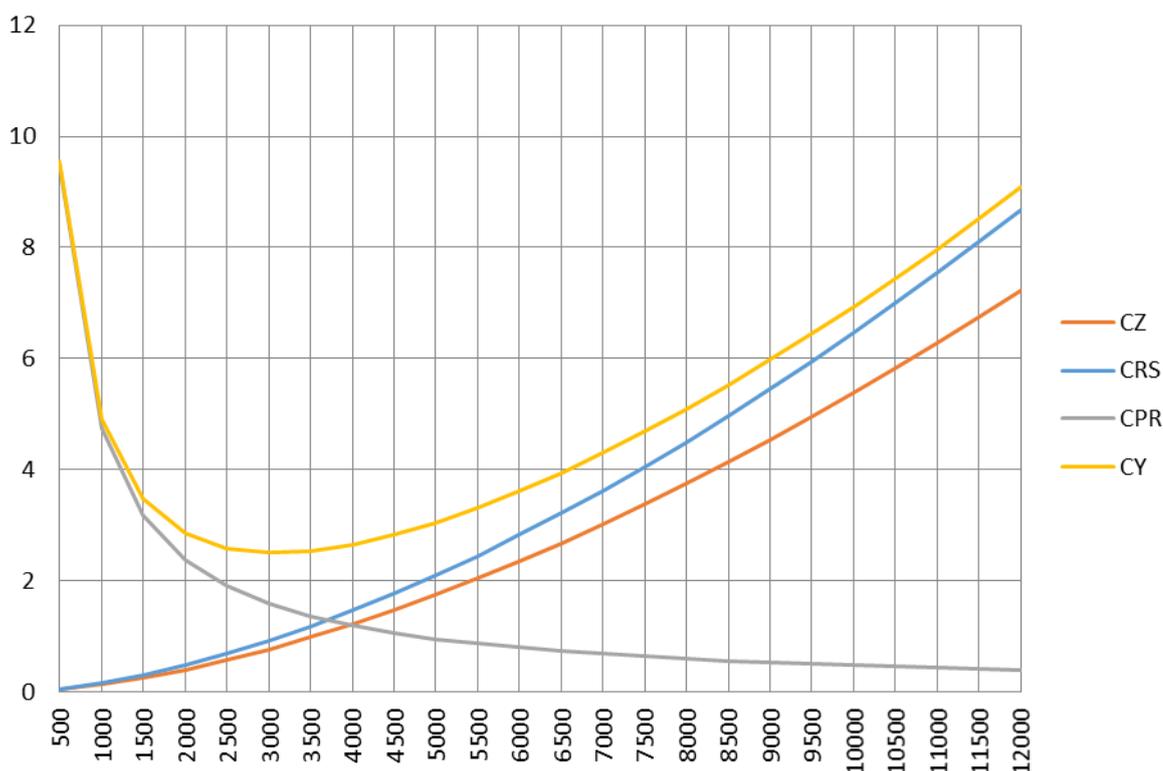


Рисунок 2.6 - Зависимость удельных затрат на приобретение и поддержание надежности навесного уплотняющего оборудования фронтального погрузчика ТО-18в зависимости от наработки машины

Анализ рисунка 3.3 показывает, что экстремум находится в пределах 3000 ч, т.е. механизм поворота отвала рекомендуется ремонтировать через каждые 3000 часов работы, что также подтверждается и аналитическими расчетами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная дипломная работа направлена на создание сменного уплотняющего оборудования, которое может навешиваться на различные строительно-дорожные машины и позволит снизить как материальные так и энергетические затраты в технологии процесса уплотнения.

В представленной работе проведен патентно-технический обзор и анализ технологии процессов уплотнения и технических решений уплотняющего оборудования. По результатам анализа принято конструктивное решение – спроектировать навесной полиуретановый валец, сочетающий трамбуемое циклическое воздействие вальца, обладающего упругими свойствами пневмошин, и позволяющего сократить количество проходов по одному следу без вреда качеству уплотняемой поверхности.

Навесное уплотняющее оборудование выполнено как дополнительное сменное рабочее оборудование на фронтальный одноковшовый погрузчик ГО-18 и предназначено для однопроходного уплотнения предварительно спланированных насыпных грунтов и гравийно-щебёночных материалов при строительстве автомобильных дорог и подобных сооружений.

В уплотняющем рабочем оборудовании реализуется оригинальный принцип трамбовки и укатки материала путем вращения рабочего органа (полиуретанового вальца) в эксцентриковом валу. Укатка осуществляется за счет свободного движения полиуретанового вальца в пазах эксцентриков с помощью базовой машины, перемещающейся со скоростью 1 км/ч. Трамбовка осуществляется за счет принудительного вращения и возвратно-поступательного перемещения вальца по уплотняемой поверхности при помощи двух синхронизированных гидромоторов.

В расчетной части работы представлен расчет уплотняющего рабочего оборудования, металлоконструкции стрелы погрузчика, элементов гидросистемы, тяговый расчет и расчет производительности машины.

Навесное уплотняющее оборудование позволит сократить номенклатуру используемой в работе уплотняющей техники, а, значит, и расходы на её приобретение, обслуживание и транспортировку, что при нынешних ценах принесет немалую экономию материальных средств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учебник для вузов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование»/В.И. Баловнев, Г.В. Кустарев, А.Н. Новиков и др., Под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд., дополн. и перераб. М.-О.: СибАДИ, 2001. – 528 с.: ил. 209.
2. Базанов В.И., Забегалов А.Ю. Самоходные погрузчики. М.: Машиностроение, 1999.
3. Плешков Д.И. Погрузчики строительные, гусеничные, колесные. Учебное пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1997.
4. Варганов А.В., Андреев М.А. Машины для уплотнения грунтов и дорожных покрытий. 1998.
5. Соколов М.А., Новиков А.Н. Самоходные и полуприцепные дорожные катки. М.: Машиностроение, 1991.
6. Беркович Ф.М. Васильченко В.А. Гидравлический привод строительных и дорожных машин. М.: Машиностроение, 1998.
7. Леликов О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. -М.:Машиностроение, 2004, 440 с. ил.
8. Домбровский Н.Г., Гальперин М.И. Строительные машины (в 2-х ч.). Ч. II: Учебник для студентов, обучающихся по спец. «Строительные и дорожные машины и оборуд.» - М.:Высш.шк., 1985 – 224 с., ил.
9. Анфимов М.И. Редукторы. Конструкции и расчет: Альбом. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1993. – 464 с.: ил.
10. Мирзоян Г.С., Талалыкина О.Ю, Юрков В.В. Автоматизированный расчет параметров объемного гидропривода строительных и дорожных машин: М. МАДИ, 1995.
11. К.А. Артемьев, Т.В. Алексеева, В.Г. Белокрылов и др. Дорожные машины.: В 2-х частях. Ч II. Машины для устройства дорожных покрытий. Учебник для вузов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование» - М.:Машиностроение, 1982. – 396 с., ил.
12. Савельев С.В. Обоснование режимных параметров вибрационного катка для уплотнения грунтов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. О.:СибАДИ, 2004 – 173 с.: ил.
13. Спельман Е.П. Техника безопасности при эксплуатации строительных машин и средств малой механизации. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1996. – 271 с.

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			ДР.ПТМ.17.27.01.000 СБ	Сборочный чертеж		
<i>Сборочные единицы</i>						
A1	1		ДР.ПТМ. 17.27.01.01.СБ	Валец полиуретановый	1	
A1	2		ДР.ПТМ. 17.27.01.02.СБ	Редуктор	2	
A1	3		ДР.ПТМ. 17.27.01.03.СБ	Рама	1	
A1	4		ДР.ПТМ. 17.27.01.04.СБ	Кожух	1	
	5		ДР.ПТМ. 17.27.01.05.СБ	Эксцентрик	2	
<i>Стандартные изделия</i>						
		6		Болт М10х35 ГОСТ 7805-70	8	
		7		Болт М16х130 ГОСТ 7805-70	8	
		8		Гидромотор ТУ 22-3444-75	2	
		9		Манжета30 ГОСТ8752-79	2	
		10		Манжета55 ГОСТ8752-79	2	
		11		Манжета60 ГОСТ8752-79	2	
		12		Муфта сцепления ГОСТ 8752-79	2	
		13		Подшипник50206 ГОСТ2893-82	4	
		14		Подшипник50205 ГОСТ2893-82	2	
		15		Подшипник50211 ГОСТ2893-82	6	
		16		Подшипник50212 ГОСТ2893-82	2	
		17		Подшипник42205 ГОСТ8328-75	2	
ДР.ПТМ.17.27.01.000.СБ						
Изм. лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб.		Абзалиев А.М.				
Пров.		Кульгильдина Б.				
Н.контр.		Козбагаров Р.				
Утв.		Елемесов К.К.				
				<i>Навесное уплотняющее рабочее оборудование</i>		
Лит.		Лист		Листов		
1		1		2		
				КазНИТУ им.К.И. Сатпаева Кафедра ТМТ и Л		

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			ДР.ПТМ.17.27.01.01 СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Детали</i>						
		1	ДР.ПТМ.17.27.01.01 001	Вал	1	
		2	ДР.ПТМ.17.27.01.01 002	Лист ОЦ БТ-ПН-НО-з ГОСТ 19904-90	4	
		3	ДР.ПТМ.17.27.01.01 003	Лист ОЦ БТ-ПН-НО-з ГОСТ 19904-90	5	
<i>Материалы</i>						
		4		Пенополиуретан ППУ-ЭМ1 ТУ6-05-1473-76	1	
ДР.ПТМ.17.27.01.01						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб.		Абзалиев А.М.				
Проб.		Кульгильдина				
Н.контр.		Казбагаров Р.				
Утв.		Елемесов К.К.				
				<i>Валец полиуретановый</i>		
				Лит.	Лист	Листов
						1
				КазНИТУ им. К.И. Сатпаева Кафедра ТМТуЛ		

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			ДР ПТМ.17.27.01.02 СБ		1	
				<u>Детали</u>		
		1	ДР ПТМ.17.27.01.02.001	Вал	4	
		2	ДР ПТМ.17.27.01.02.002	Вал	2	
		3	ДР ПТМ.17.27.01.02.003	Вал	2	
		4	ДР ПТМ.17.27.01.02.004	Шестерня	2	
		5	ДР ПТМ.17.27.01.02.005	Шестерня	4	
		6	ДР ПТМ.17.27.01.02.006	Шестерня	2	
		7	ДР ПТМ.17.27.01.02.007	Шестерня	2	
		8	ДР ПТМ.17.27.01.02.008	Лист БТ-ПН-0-з ГОСТ 19904-90	2	
		9	ДР ПТМ.17.27.01.02.009	Лист БТ-ПН-0-з ГОСТ 19904-90	2	
		10	ДР ПТМ.17.27.01.02.010	Лист ОЦ БТ-ПН-НО-з ГОСТ 19904-90	2	
		11	ДР ПТМ.17.27.01.02.011	Лист БТ-ПН-0-з ГОСТ 19904-90	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		12		Винт М14 х 90 ГОСТ 1491-80	2	
		13		Манжета 1-30 х 52-1 ГОСТ 8752-79	2	
		14		Манжета 1-60 х 85-1 ГОСТ 8752-79	2	
		15		Подшипник 50206 ГОСТ 2893-82	6	
		16		Подшипник 42206 ГОСТ 8328-75	2	
		17		Подшипник 50211 ГОСТ 2893-82	4	
		18		Подшипник 50212 ГОСТ 2893-82	2	
			ДР ПТМ.17.27.01.02			
№№ по др.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Редуктор КазНИТУ им. К.И. Сатпаева Кафедра ПТМУГ
	Разраб.		Абзалиев А.М.			
	Про в.		Кизильдина Б.			
	Н.контр.		Козбагаров Р.А.			
	Утв.		Еленесов К.К.			
			Лит. Лист Листов 1 2			

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			ДР ПТМ.17.27.01.03.СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Детали</i>						
	1		ДР ПТМ.17.27.01.03.001	Лист ОЦ БТ-ПН-НО-з ГОСТ 19904-90	1	
	2		ДР ПТМ.17.27.01.03.002	Лист ОЦ БТ-ПН-НО-з ГОСТ 19904-90	2	
	3		ДР ПТМ.17.27.01.03.003	Лист БТ-ПН-О-з ГОСТ 19904-90	2	
	4		ДР ПТМ.17.27.01.03.004	Лист БТ-ПН-О-з ГОСТ 19904-90	2	
	5		ДР ПТМ.17.27.01.03.005	Лист БТ-ПН-О-з ГОСТ 19904-90	4	
ДР ПТМ.17.27.01.03						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб.		Абзалиев А.М.				
Пров.		Кульгильдина Б.				
Исполн.		Казбагаров Р.А.				
Утв.		Елемесов К.К.				
				Рама		Лист
				Сборочный чертеж		Лист
						Листов
						1
				КазНИТУ им. К.И. Сатпаева Кафедра ТМТ и Л		

Копировал

Формат А4

Формат Листа	Лист	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
		А1	ДР ПТМ.17.27.01.04.СБ	Сборочный чертёж	1	
<i>Детали</i>						
	1		ДР ПТМ.17.27.01.04.001	Лист вымплоста ВН с ГОСТ 9639-71	1	
	2		ДР ПТМ.17.27.01.04.002	Лист вымплоста ВН с ГОСТ 9639-71	2	
ДР ПТМ.17.27.01.04						
Иск. лист			№ докум.	Лист	Дата	
Разработ.			Абдуллин А.М.			
Проект.			Ильин И.И. В.			
Начальник			Калимуллин Р.А.			
Черт.			Евменко В.К.К.			
				<i>Кожух</i>		
				КазНМУ им. К.И. Сатпаева		
				Кафедра ТМТ и Л		
				Формат А4		

Отзыв научного руководителя

Дипломная работа

(вид работы)

Абзалиев Арман Мейрамович

(ф.и.о. студента)

5B071300- Транспорт, транспортная техника и технологии

(шифр и наименование специальности)

Тема: Разработка навесного уплотняющего оборудования

Абзалиев Арман Мейрамович, в процессе выполнения дипломной работы в полной мере использовал знания, полученные в университете. Работа выполнена в соответствии с заданием кафедры.

В представленной работе проведен патентно-технический обзор и анализ технологии процессов уплотнения и технических решений уплотняющего оборудования. По результатам анализа принято конструктивное решение – спроектировать навесной полиуретановый валец, сочетающий трамбующее циклическое воздействие вальца, обладающего упругими свойствами пневмошин, и позволяющего сократить количество проходов по одному следу без вреда качеству уплотняемой поверхности.

Представленная на защиту дипломная работа показывает уровень подготовки автора А.М.Абзалиева. В связи с этим Абзалиев А.М. заслуживает присвоение академической степени «бакалавр» по специальности 5B071300- «Транспорт, транспортная техника и технологии» и его работу можно рекомендовать к публичной защите.

Научный руководитель

кандидат технических наук

(должность, научная степень)



Б.М. Кульгильдинов

Ф. А.Т.

«25» мая 2021г.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Абзалиев Арман

Название: Разработка навесного уплотняющего оборудования

Координатор: Бахтияр Кульгильдинов

Коэффициент подобия 1:0.4

Коэффициент подобия 2:0

амена букв:95

Интервалы:0

Микропробелы:7

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;

обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Дипломная работа выполнена самостоятельно, Обозначения в формулах показывается как замена букв.

«24» мая 2021г.

Дата



Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Абзалиев Арман

Название: Разработка навесного уплотняющего оборудования

Координатор: Бахтияр Кульгильдинов

Коэффициент подобия 1:0.4

Коэффициент подобия 2:0

амена букв:95

Интервалы:0

Микропробелы:7

Белые знаки: 0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;

обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....

Дата

*Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения*

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Дата

*Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения*