

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

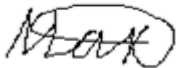
Факультет автомобильно-дорожный

Кафедра наземных транспортно-
технологических машин

Курсовой проект

Самоходный скрепер
КП32.27.00.000

Работу выполнил студент группы 1-НТТС-4

—  — Макаров П.И.

Работа защищена с оценкой

Руководитель д. т. н., профессор

_____ Репин С.В.

2020

СПбГАСУ кафедра НТТМ 2020-2021 г.

Студент IV курса АДФ _____ Макаров Павел Игоревич _____

Задание на курсовой проект по дисциплине "МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ РАБОТ "
Вариант 27_____. Тема проекта _____ Самоходный скрепер _____

Данные:

Состав проекта	Кол-во листов	Содержание	стр.
1. Чертежи (формат А1); - вид общий (две проекции) - схемы привода (гидравлическая) 1,0 - рассчитываемая деталь	1,0 0,5 - 1,0	Состояние вопроса 1. Требования к машине (по ГОСТ) 2. Выбор и обоснование типа рабочего оборудования, хода, привода и системы управления	
2. Пояснительная записка (формат А4)	35 - 40	3. Описание схем привода рабочего оборудования 4. Описание устройства, принципа действия машины и технологии производства работ	
Стадии проекта	Сроки выполнения	5. Расчетная часть: 5.1. Определение параметров рабочего оборудования и мощности двигателя	
1. Выбор базовой машины	30.09.	5.2. Выбор базовой машины	
2. Расчетная часть.....	20-27.10	5.3. Расчет устойчивости	
3. Чертежи	3-10.12	5.4. Расчет сопротивлений при работе машины 5.5. Определение нагрузок на рабочее оборудование 5.6. Прочностной расчет	
Дата защиты проекта	10-15.12	5.7. Расчет привода рабочего оборудования	
Руководитель проекта д.т.н., профессор	Репин С.В.	5.8. Техничко-экономический расчет.....	
Дата выдачи задания на КП		6. Автоматизация рабочего процесса	
		Заклучение	
		Литература	

СПбГАСУ кафедра НТТМ 20 -20 г.

Студент IV курса АДФ _____

Задание на курсовой проект по дисциплине "МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ РАБОТ "
Вариант _____. Тема проекта _____

Данные:

Состав проекта	Кол-во листов	Содержание	стр.
1. Чертежи (формат А1); - вид общий (две проекции) - схемы привода (гидравлическая) 1,0 - рассчитываемая деталь	1,0 0,5 - 1,0	Состояние вопроса 1. Требования к машине (по ГОСТ) 2. Выбор и обоснование типа рабочего оборудования, хода, привода и системы управления	
2. Пояснительная записка (формат А4)	35 - 40	3. Описание схем привода рабочего оборудования 4. Описание устройства, принципа действия машины и технологии производства работ	
Стадии проекта	Сроки выполнения	5. Расчетная часть: 5.1. Определение параметров рабочего оборудования и мощности двигателя	
1. Выбор базовой машины	20-27.02	5.2. Выбор базовой машины	
2. Расчетная часть.....	20-27.03	5.3. Расчет устойчивости	
3. Чертежи	3-10.04	5.4. Расчет сопротивлений при работе машины 5.5. Определение нагрузок на рабочее оборудование 5.6. Прочностной расчет	
Дата защиты проекта	24-30.04	5.7. Расчет привода рабочего оборудования	
Руководитель проекта д.т.н., профессор	Репин С.В.	5.8. Техничко-экономический расчет.....	
Дата выдачи задания на КП		6. Автоматизация рабочего процесса	
		Заклучение	
		Литература	

Содержание

Состояние вопроса.....	3
1. Требования к машине (по ГОСТ).....	4
2. Выбор и обоснование типа рабочего оборудования, хода, привода и системы управления.....	9
3. Описание схем привода рабочего оборудования	15
4. Описание устройства, принципа действия машин и технологии производства работ	20
5. Расчетная часть.....	32
5.1. Определение параметров рабочего оборудования и мощности двигателя	32
5.2. Выбор базовой машины	34
5.3. Расчет устойчивости	36
5.4. Расчет сопротивлений при работе машины.....	38
5.5. Определение нагрузок на рабочее оборудование.....	41
5.6. Прочностной расчет	44
5.7. Расчет привода рабочего оборудования.....	49
5.8. Техничко-экономический расчет.....	53
6. Автоматизация рабочего процесса.....	55
7. Техника безопасности при эксплуатации скрепера.....	59
Заключение.....	62
Список использованной литературы.....	63

					КП 32.27.00.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Макаров П.И.			Скрепер	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Репин С.В.				У		2
Т. Контр.						СПбГАСУ гр. 1-НТТС-4		
Н. Контр.								
Утв.								

Состояние вопроса

Скрепер является землеройно-транспортной машиной циклического действия, предназначенной для послойного резания грунта, транспортирования его к месту укладки и разгрузки в сооружение или в отвал.

Скреперы используют для разработки разнообразных грунтов I—III категорий от чернозёма до тяжёлых глин.

Самоходные скреперы предназначены для разработки грунтов I, II и III групп и транспортирования их на расстояние 300-5000 м. Если скорость транспортирования грунта прицепными скреперами составляет 8-12 км/ч, то скорости транспортирования самоходными скреперами могут достигать 40-50 км/ч. Рабочий план самоходных скреперов в зависимости от расстояния транспортирования грунта составляет от 5 до 30 мин, при этом время, требуемое на наполнение ковша, не превышает 1-2 мин, а остальное время расходуется на транспортирование грунта и обратное следование машины к забою.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.Требования к машине (по ГОСТ)

Параметры и технические требования к скреперам регламентированы ГОСТ Р ИСО 6165-2010 и ГОСТ 30035-93.

Характеристики и функциональные особенности работы скрепера

Скреперы должны изготавливаться в соответствии с требованиями настоящего стандарта и технических условий на конкретные модели скреперов, по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

Климатические исполнения и категория размещения скреперов должны соответствовать ГОСТ 15150-69.

Конструкция скреперов должна обеспечивать:

- принудительную разгрузку ковша;
- возможность работы с трактором-толкачом при копании (скреперов с тяговой загрузкой), а также при выезде из забоя;
- поворот тягача (трактора) в плане на угол не менее 85° в каждую сторону и боковой наклон тягача в вертикальной плоскости относительно ковша на угол не менее 10° в каждую сторону;
- работу без дозаправки топливом - не менее 10 ч;
- установку приборов для эксплуатации по ГОСТ 28634;
- диагностирование в соответствии с требованиями ГОСТ 27518, ГОСТ 25044, при этом конкретные требования по приспособленности к диагностированию и уровню автоматизации процесса диагностирования должны устанавливаться в технических условиях на конкретные модели скреперов;
- наличие мест ввода приборов и приспособлений для диагностической проверки технического состояния, при этом перечень приборов и приспособлений устанавливается в технических условиях на скреперы конкретных моделей в соответствии с требованиями ГОСТ 27253 и требованиями заказчика.

По согласованию с заказчиком конструкция скрепера может обеспечивать:

- установку устройства для запуска двигателя при отрицательных температурах;
- установку системы автоматической стабилизации положения режущей кромки ковша.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расположение и основные размеры прицепных устройств скреперов - по ГОСТ 3481 и ГОСТ 17595.

-Ножи скреперов - по ГОСТ 28771.

- Размеры наливных горловин топливных баков - по ГОСТ 27533.

-Спускные, наливные и контрольные пробки - по ГОСТ 27720.

Примечание. Допускается по согласованию с заказчиком применение на комплектующих изделиях, выпускаемых другими отраслями, пробок с размерами по отраслевой нормативной документации.

-Смазочные масленки - по ГОСТ 19853.

- Требования эргономики и безопасности - по ГОСТ 12.2.011, ГОСТ 27921.

- Рулевое управление колесных скреперов с максимальной скоростью движения свыше 20 км/ч должно соответствовать ГОСТ 27254.

-Тормозные системы должны соответствовать ГОСТ 28769.

Конструкция скрепера по требованию потребителя должна обеспечивать возможность установки защитного устройства водителя при опрокидывании скрепера (РОПС) по ГОСТ 27714 и от падающих предметов (ФОРС) по ГОСТ 27719.

Конструкция скрепера по требованию потребителя должна обеспечивать возможность установки защитного устройства водителя при опрокидывании скрепера (РОПС) по ГОСТ 27714 и от падающих предметов (ФОРС) по ГОСТ 27719.

Конструкция скрепера должна обеспечивать обзорность рабочих органов во всех технологических положениях.

Внешние световые приборы машин с максимальной скоростью движения свыше 25 км/ч должны соответствовать ГОСТ 8769 и обеспечивать необходимую **освещенность** при передвижении по дороге, а также необходимую освещенность рабочей площадки в дополнение к ее общей освещенности. Электроосветительные устройства машин с максимальной скоростью движения до 25 км/ч - по техническим условиям на машины конкретных моделей при условии обеспечения уровня освещенности.

Цвета сигнальные и знаки безопасности должны соответствовать ГОСТ 12.4.026.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Необходимо применять следующие сигнальные цвета: красный, желтый, зеленый, синий. Для усиления зрительного восприятия цветографических изображений знаков безопасности и сигнальной разметки сигнальные цвета следует применять в сочетании с контрастными цветами - белым или черным. Контрастные цвета необходимо использовать для выполнения графических символов и поясняющих надписей.

Электрооборудование должно соответствовать ГОСТ 12.2.007.0 и ГОСТ 3940. Монтаж и крепление электропроводки должны предотвращать повреждение ее изоляции. Система электрооборудования должна иметь устройство для отключения аккумуляторной батареи.

Вентилятор двигателя должен быть снабжен ограждением. Ограждение не должно прогибаться в сторону вращающихся лопастей и должно обеспечивать защиту машиниста от случайного контакта с лопастями вентилятора.

При давлении в гидросистеме более 5000 кПа, при температуре рабочей жидкости более 50 °С рукава высокого давления, расположенные в кабине в пределах 0,5м от машиниста, должны иметь защитные устройства, обеспечивающие безопасность машиниста в случае их разрыва.

Конструкция системы доступа должна соответствовать ГОСТ 29100 и обеспечивать безопасность подъема, входа оператора на рабочее место и обслуживание скрепера.

Крылья колес скрепера, используемые для доступа, не должны иметь острых кромок, их поверхность не должна быть скользкой и они должны выдерживать вертикальную нагрузку не менее 1500 Н.

Крепление системы ремня безопасности (при его наличии) должно соответствовать указанному в приложении.

Выпускная система двигателя должна обеспечивать гашение искр до выхода отработавших газов в атмосферу. Струя отработавших газов не должна быть направлена на оператора или горючие материалы.

В местах соединений прорыв газов и искр не допускается.

Звуковая сигнализация скреперов должна соответствовать ГОСТ 29292.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Покрытие внутренних поверхностей кабины по IV классу, остальных поверхностей по VI классу - по ГОСТ 9.032, группа условий эксплуатации - по ГОСТ 9.104.

Требования к рабочему месту оператора, кабине и ее оборудованию

Конструкция сиденья должна обеспечивать регулировку в продольном и вертикальном направлениях, а также изменение угла наклона спинки.

Постоянное рабочее место оператора самоходных машин должно быть оборудовано сиденьем со спинкой.

С рабочего места оператора должна быть обеспечена возможность наблюдения рабочего оборудования в его основных технологических и транспортных положениях, а также рабочей зоны машины. При невозможности обеспечения визуального контроля за органами рабочего оборудования они должны быть оборудованы маркерами или указателями положения, просматриваемыми с рабочего места оператора.

Видимость через переднее стекло должна быть обеспечена во всем диапазоне рабочих температур.

Кабины машин должны быть оборудованы зеркалом заднего вида.

Самоходные машины должны иметь место для аптечки первой медицинской помощи. Снятие и извлечение аптечки должно осуществляться без применения инструмента. При наличии кабины место для аптечки должно быть размещено внутри кабины.

Комплектность

В комплект скрепера входят:

- комплект запасных частей и инструмента согласно ведомости ЗИП;
- эксплуатационная документация по ГОСТ 2.601, в том числе для самоходных скреперов: инструкция по эксплуатации, содержащая технико-эксплуатационную характеристику по ГОСТ 27536, инструкция по техобслуживанию, инструкция по монтажу, формуляр; для прицепных скреперов - паспорт по ГОСТ 2.601.

Прицепные скреперы могут поставляться с трактором и без трактора.

Маркировка

На каждом скрепере должна быть прикреплена маркировочная табличка по ГОСТ 12969, содержащая следующие данные:

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- наименование предприятия изготовителя или его товарный знак;
- индекс скрепера и его заводской номер;
- обозначение нормативного документа, по которому изготавливается скрепер.

На каждое грузовое место должна быть нанесена транспортная маркировка по ГОСТ 14192.

Пожарная безопасность

- На самоходных машинах в легкодоступном месте должно быть предусмотрено устройство для крепления огнетушителя, конструкция которого должна обеспечивать снятие его без применения инструмента.

- Элементы шумо- и теплоизоляции, внутреннюю обивку и пол кабины должны быть изготовлены из огнестойкого материала, который имеет линейную скорость распространения фронта пламени не более 250 мм/мин.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Выбор и обоснование типа рабочего оборудования, хода, привода и системы управления

Скрепер состоит из рабочего оборудования (ковша), ходового одноосного или двухосного оборудования, механизмов управления ковшом и заслонкой. (Рис. 1)

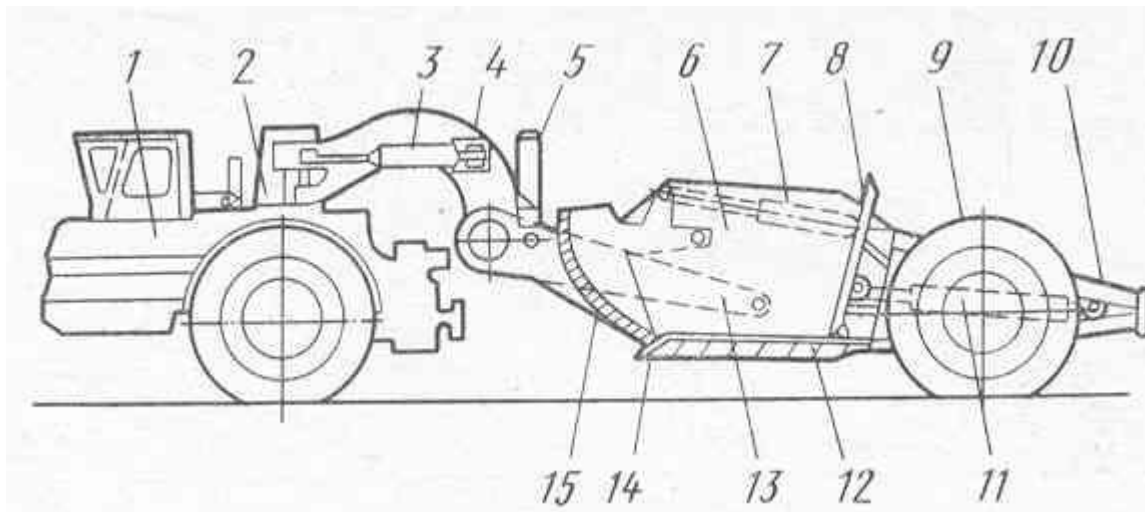


Рис. 1. 1 – одноосный тягач; 2 – седельно–цепное устройство; 3 – гидроцилиндр поворота; 4 – дышло (арка–хобот); 5 – гидроцилиндр подъема ковша; 6 – ковш; 7 – гидроцилиндр заслонки; 8 – задняя подвижная стенка; 9 – заднее колесо; 10 – буфер для толкача; 11 – гидроцилиндр выдвижения задней стенки; 12 – днище ковша; 13 – тяговая рама; 14 – нож; 15 – передняя заслонка.

Основным рабочим органом скрепера является ковш с режущими ножами. Ковш оборудован механизмом для его опускания, подъема и выгрузки грунта, приводимым в действие гидравлическим приводом.

На производительность, сопротивление резанию и область применения скрепера существенно влияют конструкция и размеры ножа ковша. В настоящее время наибольшее применение получили прямолинейные и ступенчатые ножи. В первом случае ковш обладает высоким планирующим свойством, но машина имеет меньшую производительность и требуется большее тяговое усилие тягача, чем при применении ступенчатого ножа.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ножи ковша изготавливают составными, что обеспечивает смену только одной части при износе и поломке. Режущую часть ножа наплавляют твердыми сплавами для повышения ее износостойкости. Для уменьшения сопротивления при разра- ботке тяжелых грунтов ковши снабжают зубьями.

Минимально допустимый угол резания у ножа обычно около 30° . Режущую кромку ножа выполняют заостренной с задним углом резания не менее 10° .

Заслонка ковша предназначена для удержания в нем грунта. Она также со- здает условия для наиболее интенсивного поступления грунта в ковш при наборе. Форма заслонки влияет на образование призмы волочения и от нее зависит место расположения ножа скрепера. Ковш заполняется грунтом лучше, а призма волоче- ния получается меньшей при заслонке с более выпуклой стенкой.

В современных скреперах применяют заслонки с наружным и внутренним крепле- нием рычагов к ковшу. В последнем случае можно уменьшить габаритную ширину скрепера на 30—40 см. Работой заслонок управляют с помощью гидроцилиндров.

Боковые стенки современных скреперов выполнены плоскими из стальных листов. Жесткость стенкам обеспечивают полые ребра, расположенные по их кон- туру снаружи стенок и образующие в совокупности с поперечными балками - свя- зями пространственный каркас тележки скрепера. В хвостовой части к этому кар- касу прикреплены консольно балки задней оси колесного хода и буфера. На неко- торых скреперах продольные ребра боковых стенок выходят вперед перед ковшом. К концам их присоединена поперечная балка с проушинами для штоков гидроци- линдров подъема и опускания ковша.

Большинство самоходных скреперов имеют гидромеханическую transmis- сию; она размещается в задней части машины и карданными передачами связана с двигателем и ведущим мостом.

Скреперы с передними ведущими колесами должны загружаться обязательно при помощи толкача. Преимуществами скреперов с одноосным тягачом является лучшая маневренность, уменьшенные габариты и масса машины.

Широкое применение находят скреперы со всеми ведущими колесами.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Скреперы с двумя двигателями предназначаются главным образом для работы в тяжелых грунтовых условиях, на дорогах с большими уклонами, в районах с повышенной влажностью грунтов.

По типу ходовой части базовой машины различают скреперы на гусеничном и колёсном ходу.

По способу разгрузки ковша различают скреперы со свободной, принудительной, полупринудительной и со щелевой разгрузкой (вниз).

У скреперов со свободной (самосвальной) разгрузкой ковш опрокидывается назад (у одноосных скреперов) либо вперед (у двухосных скреперов). Свободная разгрузка применяется в машинах малой емкости; недостатком свободной разгрузки является неполная разгрузка ковша при работе в вязких и влажных грунтах.

У скреперов с принудительной разгрузкой грунт выталкивается прямолинейным движением вперед задней подвижной стенки ковша. Принудительная, полупринудительная и щелевая разгрузки применяются главным образом в машинах средней и большой емкости. При принудительной разгрузке обеспечивается наилучшая очистка ковша. Недостатком полупринудительной разгрузки является неудовлетворительная очистка ковша при работе на липких и переувлажненных грунтах.

У скреперов с полупринудительной разгрузкой днище и задняя стенка конструктивно выполнены как единый узел, который шарнирно подвешен на боковых стенках или к под ножевой плите ковша. Для разгрузки днище с задней стенкой опрокидывается вперед, при этом грунт в первоначальной стадии выталкивается из ковша принудительно, а в конце разгружается за счет свободного высыпания под действием собственного веса. При полупринудительной разгрузке стенки ковша не полностью очищаются от липких и переувлажненных грунтов.

При щелевой разгрузке грунта (вниз) днище ковша, поворачиваясь, выводится из-под грунта и становится под углом наклона к горизонту $72\text{—}75^\circ$. Этот способ разгрузки характеризуется хорошей выгрузкой липких и переувлажненных грунтов и значительно меньшей энергоемкостью механизма выгрузки.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

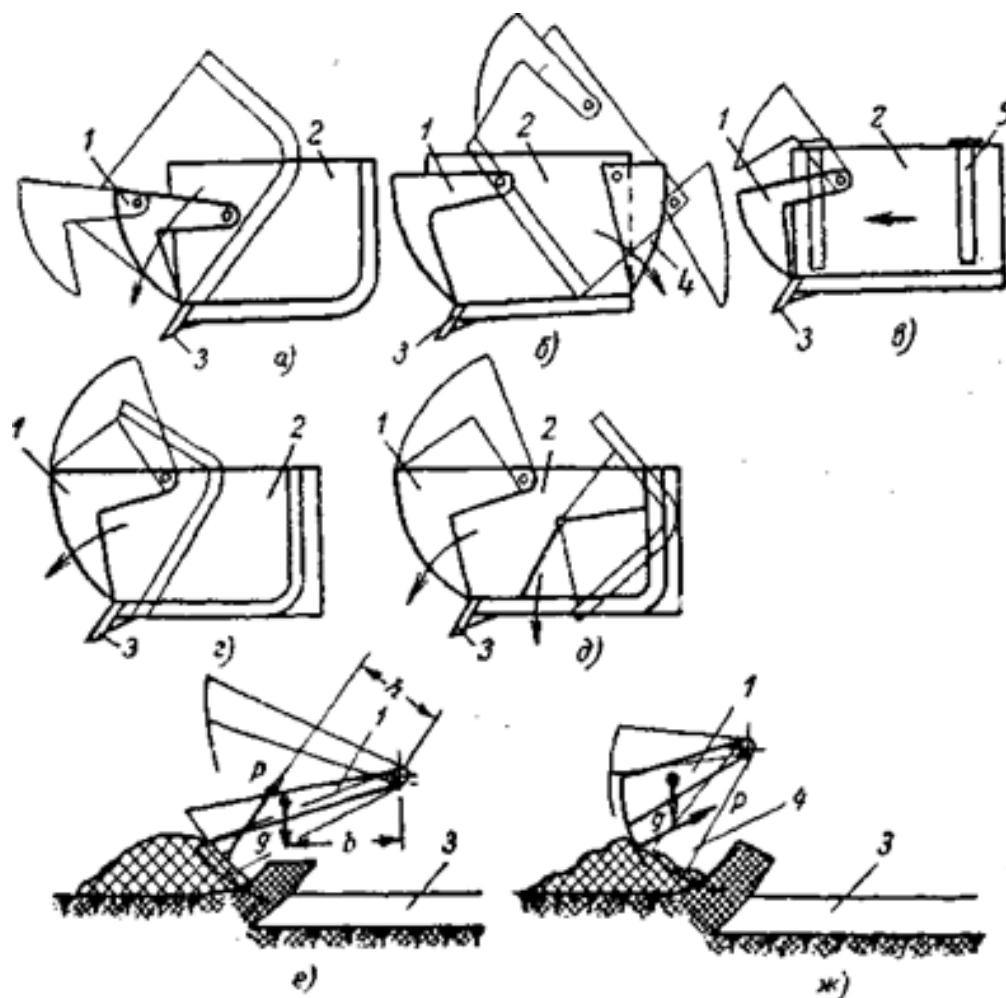


Рис.2. Схемы способов разгрузки ковша и типы заслонок:

а — свободная (самосвальная) разгрузка вперед; б — разгрузка назад; в — принудительная разгрузка; г — полупринудительная разгрузка; д — щелевая разгрузка (вниз); е — плавающая заслонка; ж — постоянно управляемая заслонка; 1 — передняя заслонка; 2 — ковш; 3 — нож; 4 — задняя заслонка; 5 — подвижная стенка.

Задняя стенка ковша служит для принудительной выгрузки грунта и состоит из жесткой конструкции коробчатого сечения, щита и толкателя в виде продольного бруса, к которому присоединяются штоки гидравлических цилиндров выдвижения стенки. На толкателе смонтированы ролики, предназначенные для направления движения задней стенки без ее перекоса.

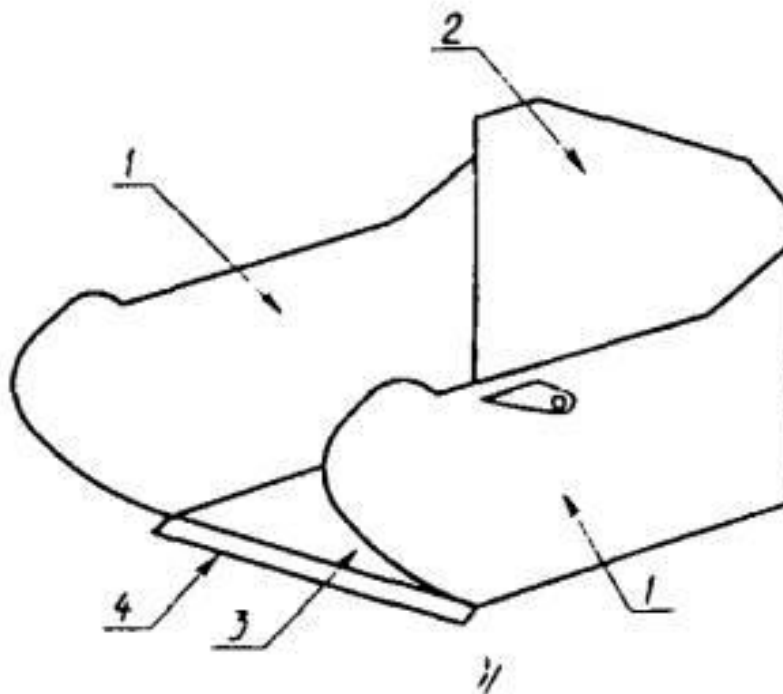


Рис. 3. 1 - боковая стенка; 2 - выдвижная задняя стенка; 3 - днище; 4 – нож.

Задняя стенка ковшей имеет различную конструкцию. Это в основном зависит от принятой схемы разгрузки ковша. При свободной разгрузке задняя стенка жестко связана с днищем и боковыми стенками. При полупринудительной загрузке задняя стенка составляет одно целое с днищем. В совокупности они представляют изогнутый лист, шарнирно присоединённый к боковым стенкам. При выгрузке грунта этот лист наклоняется поворотом вокруг шарниров, обычно расположенных в районе ножа, очищая боковые стенки, и далее грунт освобождает ковш.

При принудительной разгрузке задняя стенка 2 (рис.3) имеет вид щита с системой горизонтальных и вертикальных ребер с тыльной стороны. Перемещается стенка вдоль ковша с помощью присоединенных к ее проушинам с тыльной стороны двух гидроцилиндров. Вторые концы гидроцилиндров прикреплены шарнирно на консоли задней оси скрепера.

Заслонка ковша удерживает грунт от высыпания при рабочем ходе скрепера и увеличивает возможное наполнение ковша. При ее помощи, кроме того, регулируется толщина отсыпаемого слоя грунта при послойной его укладке в качественные насыпи (дамбы, плотины и т. п.). К рычагам заслонки в средней их части

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

присоединяются штоки подъемных цилиндров, с помощью которых производится подъем или опускание заслонки.

Задняя стенка ковша представляет собой коробчатый щит, снабженный решеткой и системой подкосов.

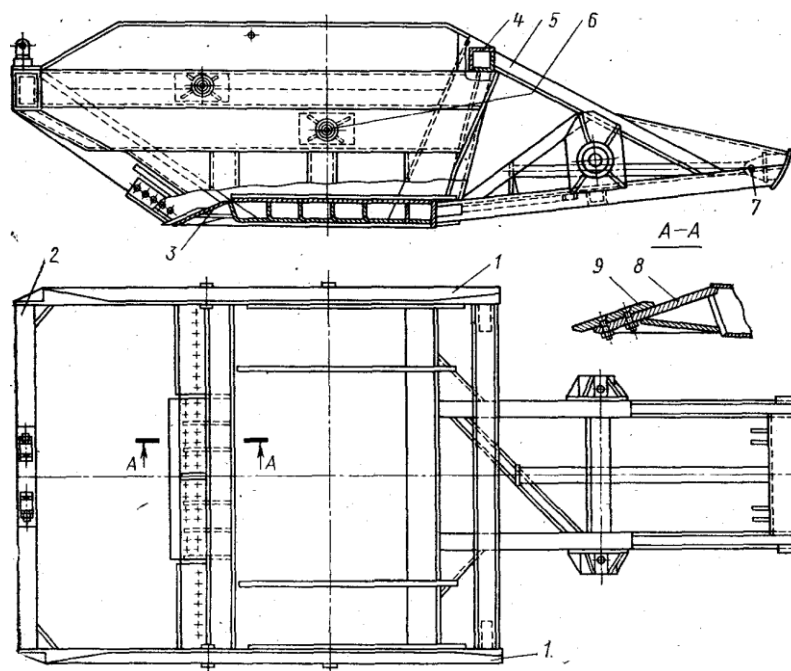


Рис. 4 Конструктивная схема ковша полуприцепного скрепера

1—боковые стенки; 2— передняя балка; 3—днище ковша; 4— задняя балка; 5—буфер; 6—втулки шарниров тяговой рамы; 7—втулки шарниров заслонки; 8 — подножечная плита; 9 — нож.

3.Описание схемы привода рабочего оборудования

Выпускаемые в настоящее время скреперы имеют гидравлическую или электро-гидравлическую систему управления рабочим органом, которая обеспечивает принудительное опускание, подъём и разгрузку ковша, изменение глубины резания, подъём и опускание передней заслонки ковша с помощью гидроцилиндров двойного действия. Принудительное заглубление ножей ковша в грунт позволяет довольно точно регулировать толщину срезаемой стружки, сокращать время набора грунта и эффективно разрабатывать плотные грунты.

Скреперы используются при производстве земляных работ по возведению насыпей, устройству выемок, планировке больших площадей.

Работа скрепера с гидравлическим управлением протекает в такой последовательности. При подходе скрепера к месту разработки грунта включается насос гидравлической системы. Для набора грунта машинист заглубляет ковш перемещением рычага управления на себя. Расходуемая при этом мощность двигателя трактора зависит от группы и состояния грунта. Если двигатель начинает сбавлять обороты, то следует опустить рычаг управления, фиксируя ковш на данной глубине. В процессе набора и наполнения ковша грунтом следует несколько раз (от 2 до 3) приподнимать ковш, меняя толщину стружки. Это способствует лучшему заполнению ковша грунтом и предохраняет двигатель от перегрузки. По окончании набора грунта машинист перемещает рычаг управления от себя и держит его в таком положении до тех пор, пока нож ковша не поднимется над уровнем грунта на 200-250 см. После этого машинист фиксирует рычаг управления в таком положении и направляет скрепер к месту разгрузки (отсыпки) грунта. Для опрокидывания ковша и разгрузки грунта машинист перемещает рычаг на себя. Угол наклона ковша зависит от вида грунта и его состояния. После полной разгрузки ковш необходимо опустить, перемещая рычаг управления от себя.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

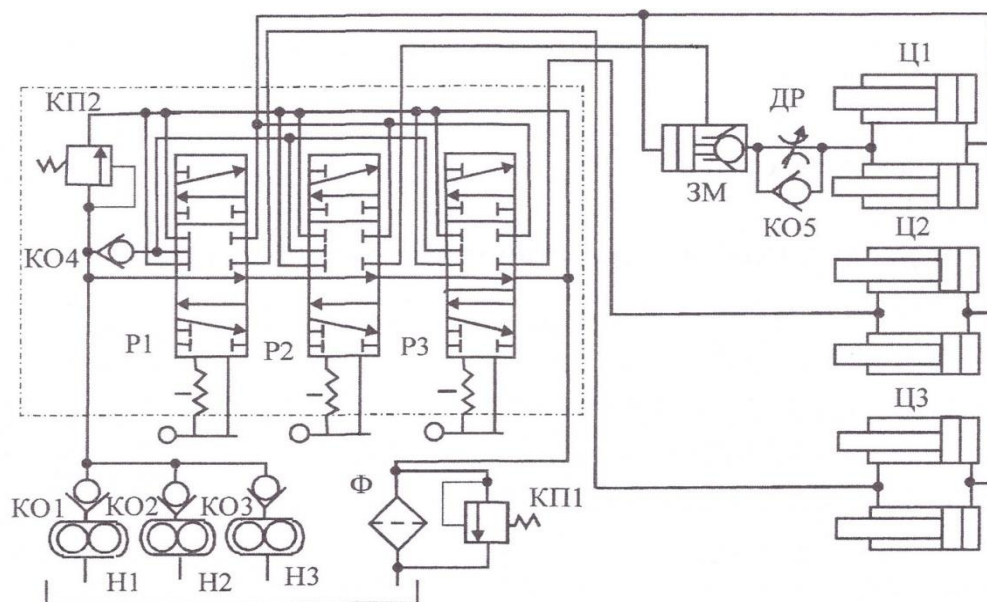


Рис. 5. Принципиальная гидравлическая схема скрепера.

Основные элементы и работа гидропривода

Исполнительные механизмы – гидроцилиндры. Ц1, Ц2, Ц3

Насосы: Н1, Н2, Н3 – шестеренные гидрообъемные насосы, работающие суммарной мощностью на блок золотниковых гидрораспределителей.

Обратные клапаны КО1, КО2, КО3 оберегают насосы от подачи рабочей жидкости в противоположном направлении. Основной управляющий элемент гидросистемы представляет собой блок гидрораспределителей Р1, Р2, Р3. В один корпус вмонтированы предохранительный клапан КР2, оберегающий гидросистему от перегрузок, и обратный клапан КО4. Распределители 3-х позиционные: центральное нейтральное положение, и 2 рабочих положения.

Распределитель Р1 связан с гидроцилиндром Ц1 и Ц3. Р2 с Ц1, Р3 с Ц2. Клапаны и клапанные блоки: КО1, КО2, КО3 защищают рабочие гидронасосы, КО4 – обратный клапан встроенный в блок распределителей. КО5 действует вместе с регулируемым дросселем ДР, обеспечивая прохождения рабочей жидкости только в одном направлении. Их совместная работа позволяет плавно и медленно опускать ковш скрепера, регулируя дроссель. КР1 – предохранительный клапан фильтра, КР2 - предохранительный клапан блока распределителей. Гидрозамок

одностороннего действия, при подаче жидкости в управляющую линию гидрозамка открывает путь рабочей жидкости с штоковой полости на слив к распределителю.

Блок I управляет потоком жидкости, идущим от секции 2 насоса к гидромоторам 10 и 11 левой гусеничной тележки и вращения поворотной платформы, также к гидроцилиндрам 12 и 13 открывания днища ковша прямой лопаты вращения ковша грейфера. Блок II направляет поток жидкости от секции 1 насоса к гидроцилиндрам 14 стрелы, рукояти прямой лопаты и погрузочного оборудования 15, рукояти обратной лопаты 16, ковша погрузчика 17, ковша обратной и прямой лопаты и замыкания ковша грейфера 18, к гидромотору 19 привода правой гусеничной тележки. При включении одного из золотников 6 или 7 рабочая жидкость от секции 3 подается в гидромотор 10 левой гусеничной тележки или гидромотор 11 привода вращения поворотной платформы. При включении золотников 7, 21 и 22 рабочая жидкость подается в гидроцилиндр рабочего оборудования. Одновременным включением золотников 7 и 22 при погрузчике и обратной лопате на поворот рукояти подается поток рабочей жидкости от обеих секций насоса (при не включенных остальных золотниках). Одновременным включением золотников 7 и 21 при прямой лопате поток рабочей жидкости от обеих секций 2 и 7 насоса подается на поворот ковша.

Золотник 20 включает гидромотор 19 правой тележки механизма передвижения. Золотники 20-23 при не включенных золотниках 5-7 подают на соответствующее движение поток рабочей жидкости от обеих секций насоса.

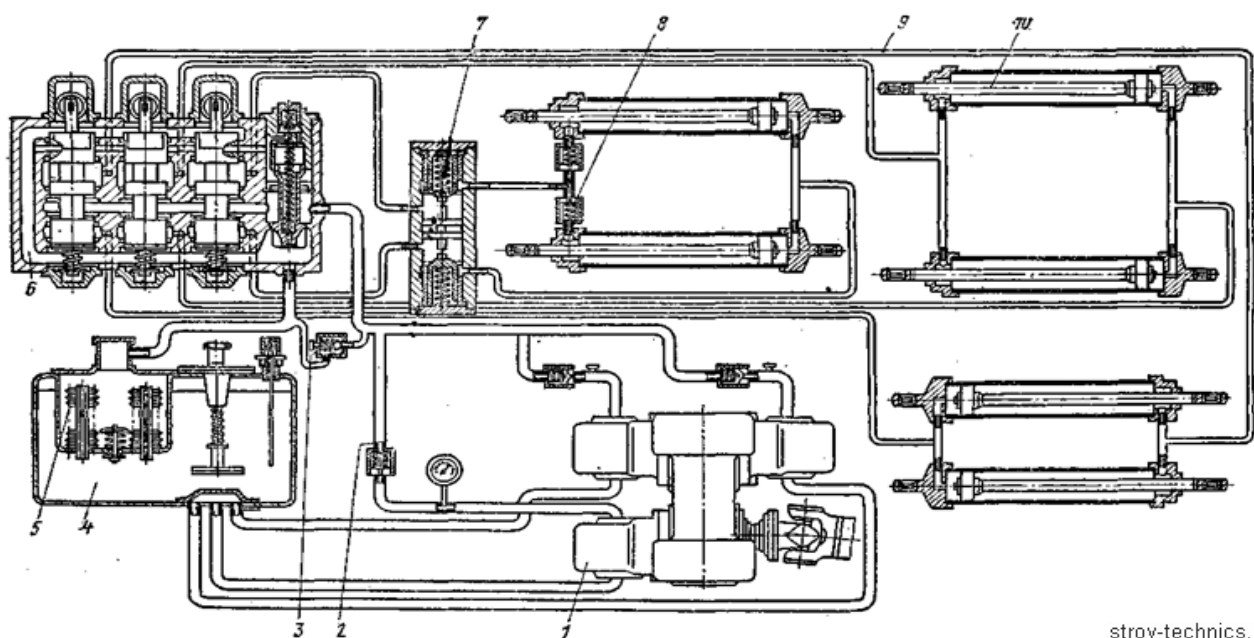
Объединение потоков обеспечивает возможность использования полной мощности насосов при выполнении основных рабочих операций, благодаря чему получают максимальные скорости движения штоки гидроцилиндров подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Давление в системе привода рабочего оборудования составляет 25 МПа. Распределительные блоки позволяют независимо совмещать подъем-

опускание стрелы с вращением платформы и поворотом рукояти и ковша.

При нейтральном положении всех золотников рабочая жидкость проходит через гидрораспределители, охладитель, фильтры и сливается в гидробак.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Шестеренный насос 3 подает рабочую жидкость в гидроцилиндры управления тормозами передвижения 8 и вращения поворотной платформы 9 через краны управления. Шестеренный насос 24 служит для заполнения гидробака рабочей жидкостью или для ее подогрева в зимнее время. Рациональное использование насосной установки и совмещение рабочих операций позволяют сократить продолжительность рабочего цикла экскаватора и повысить его производительность.



stroy-technics.ru

Рис.6. Схема управления привода рабочего оборудования:

1 — насосы и их привод; 2 — обратный клапан; 3 — предохранительный клапан; 4 — масляный бак; 5 — масляный фильтр; 6 — гидравлический распределитель; 7 — гидравлический замок; 8 — дроссель; 9 — трубопроводы и рукава; 10 — гидроцилиндры.

Разгружается ковш с помощью гидроцилиндров, воздействующих непосредственно на заднюю стенку или опрокидное днище ковша.

Гидравлическая система скрепера (рис. 6) состоит из насосов и их привода, гидравлического распределителя, гидроцилиндров, масляного бака, фильтра, дросселей, обратных клапанов, предохранительного клапана, гидравлического замка, трубопроводов и рукавов.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для питания гидравлической системы управления рабочими органами применяют насосы постоянной подачи. Приводятся насосы непосредственно от двигателя тягача. Часто устанавливают параллельно несколько насосов; в этом случае они приводятся от редуктора отбора мощности, устанавливаемого на тягаче.

На скреперах применяют трехсекционные распределители. При установке распределителя в кабине им управляют с помощью рукояток или рычажного механизма. Часто распределитель устанавливают на тяговой раме, и тогда для управления используют различные системы дистанционного привода.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.Описание устройства, принципа действия машины и технологии производства работ

Скреперы используют для разработки разнообразных грунтов I—III категорий от чернозёма до тяжёлых глин. Очень плотные грунты предварительно разрабатывают рыхлителями. Применение скреперов определяется дальностью возки грунта.

По способу загрузки скреперы можно подразделять на:

- скреперы, у которых наполнение ковша происходит под давлением срезаемой стружки (этот способ связан с преодолением значительных сопротивлений наполнению). (рис. 7,б)

- скреперы с элеваторной загрузкой, когда подъем грунта в ковш производится элеватором, благодаря чему сопротивление наполнению ковша снижается. (рис. 7,а)

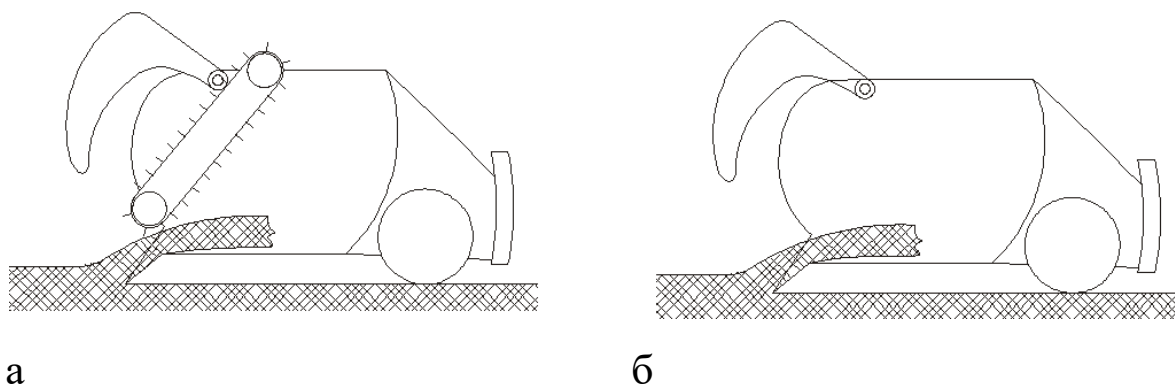


Рис. 7. Способы загрузки скрепера:

А – элеваторная загрузка; б – загрузка под давлением.

По способу передвижения различают прицепные, полуприцепные и самоходные скреперы.(Рис. 8)

У прицепных скреперов весь вес конструкции и вес содержащегося в ковше грунта передается на ходовые колеса скрепера, кроме незначительной части веса дышла, передаваемой на буксирную скобу трактора. У полуприцепных и самоходных скреперов от половины до полного веса конструкции и полезного груза используется в качестве активного сцепного веса на ведущих колесах.

Прицепные и полуприцепные скреперы просто и относительно быстро можно отцепить от трактора (тягача). После этого трактор (тягач) может автономно двигаться

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

или использоваться в агрегате (сцепе) с другой прицепной или полуприцепной машиной.

Самоходными скреперами называют такие скреперы, у которых тягач после отсоединения от скрепера не может самостоятельно двигаться, так как является составной частью агрегата, вне которого он не может работать. Правда, такой тягач может быть использован как составная часть другого агрегата, например самоходного землевоза, катка и др. Конструктивный вес, а также вес грунта в ковше распределяются на переднюю и заднюю оси примерно поровну, что наиболее благоприятно сказывается на тяговой характеристике машины.

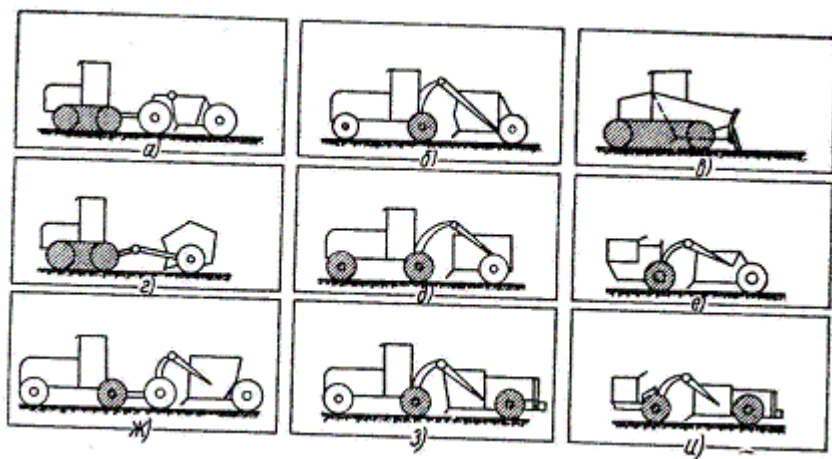


Рис. 8. Схема классификации скреперов по способу передвижения, движители (гусеницы и ведущие колеса) заштрихованы: а, г, ж — прицепные; б, д, з — полуприцепные; в, е, и — самоходные.

Основным преимуществом самоходных скреперов и землевозов перед прицепными являются высокие транспортные скорости в груженом и порожнем состояниях. В рабочем цикле их транспортные операции занимают до 80 % времени. Поэтому повышение скоростей движения порожняком до 40 км/ч и с грузом до 25 км/ч увеличивает производительность в 2—2,5 раза по сравнению с производительностью прицепных к гусеничным тракторам скреперов такой же емкости.

Самоходные скреперы характеризуются более высокой мобильностью, маневренностью, транспортными скоростями (до 50 км/час) и большей производительностью

в (1,5...2,5 раза) по сравнению с прицепными машинами той же вместимости. Дальность транспортировки грунта самоходными скреперами экономически эффективна на расстояние до 5.000 м.

Полный цикл работы скрепера состоит на следующих операций(Рис. 9):

- 1) резания грунта и наполнения ковша (подъем передней заслонки, регулирование толщины срезаемого слоя грунта путем подъема и опускания ковша);
- 2) транспортирования грунта (ковш поднят в транспортное положение, передняя заслонка закрыта);
- 3) разгрузки грунта (подъем передней заслонки и выдвижение задней стенки или опрокидывание днища и задней стенки относительно шарнира в боковых стенках ковша или опрокидывание ковша);
- 4) обратного хода скрепера в забой (передняя заслонка поднята, ковш подготовлен к набору грунта).

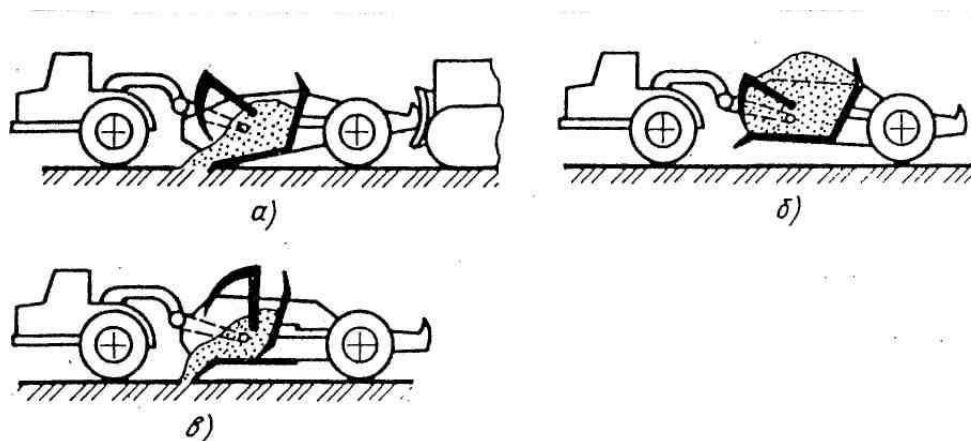


Рис. 9. Операции рабочего цикла скрепера.

Первая операция рабочего цикла начинается в момент начала движения скрепера при опущенном на грунт ковше. Ножи, установленные на передней части днища ковша, отрезают слой грунта, который попадает в ковш. По мере наполнения ковша увеличивается сопротивление движению скрепера, а поскольку усилие, развиваемое его двигателем, постоянное, то может наступить момент, когда сопротивление превысит усилие движения, и скрепер остановится. Чтобы такое явление не наступило, необходимо снизить сопротивление, уменьшив толщину стружки. Для этого уменьшают глубину резания, выглубляя ножи. Таким образом, в процессе загрузки ковша толщина стружки непрерывно уменьшается и если посмотреть на нее в разрезе, то

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

a)

b)

c)

а - клиновой; б - гребенчатый; в - ребристо – шахматный.

В процессе резания грунта машинист должен следить за наполнением ковша. Как только он заполнится, необходимо выглубить ножи и закрыть переднюю заслонку. Следует стремиться наполнить ковш «с шапкой», но при этом необходимо учитывать следующее. К концу загрузки ковша интенсивность поступления в него грунта резко сокращается. Стремление загрузить ковш «с шапкой» приводит к увеличению продолжительности загрузки, поэтому необходимо своевременно прекращать загрузку ковша. При меньшем его наполнении сокращается продолжительность загрузки и повышается производительность скрепера на данной операции. Для повышения интенсивности поступления грунта в ковш в конце загрузки на современных скреперах ножи устанавливают ступенчато. Средний нож выступает вперед и вниз относительно крайних секций ножей. При таком расположении ножей средняя часть стружки толще, чем крайняя. Благодаря этому стружка сохраняет свою прочность,

что позволяет более интенсивно протаскивать грунт в ковш, в результате чего он быстрее заполняется. Планировочные работы скрепера выполняют ножами, установленными на одном уровне.

Сухие песчаные и супесчаные грунты на горизонтальных и наклонных участках режут гребенчатым способом (Рис. 10, б). Ковш опускают на максимальную глубину и скрепер движется до полного буксования тягача или до тех пор, пока не заглохнет двигатель. После этого ковш выглубляют на 70-80% и снова заглубляют, но уже на меньшую глубину, и набирают грунт до того же предела, как и в первый раз. Операции подъем - опускание ковша повторяют 4 - 5 раз до предельно возможного его заполнения грунтом «с шапкой». Этот метод обеспечивает наибольшее наполнение ковша, так как сыпучий грунт лучше поступает в ковш порциями, чем при непрерывном движении с постепенным изменением глубины резания. Для улучшения наполнения ковша на малосвязных грунтах к боковым стенкам его прикрепляют боковые ножи.

Плотные грунты в широких забоях рекомендуется разрабатывать ребристо-шахматным способом (Рис. 10, в) - последовательными рядами проходок, одинаковыми по длине и расположению. Между проходками первого ряда остаются полосы неразработанного грунта на одну треть меньше ширины захвата скрепера. Второй ряд проходок ведется на расстоянии половины длины проходки от первого и расположен по длине оставленных полос. Следующие проходки выполняются аналогично. Выемки образуют двумя-тремя проходками скрепера, а полосы снимают за один - два прохода.

При срезке выступающих полос увеличивается толщина стружки в средней части, уменьшаются потери грунта в боковые валики, что способствует более полному наполнению ковша на коротком пути и уменьшению затрат времени. Очень плотные и сухие грунты предварительно разрыхляют для повышения производительности скреперов. Степень разрыхляемости грунта при этом не должна быть значительной, чтобы не ухудшилось наполнение ковша. Для увеличения годовой выработки скреперов их необходимо использовать круглогодично. Для этой цели зимой нужно разрыхлять разрабатываемые грунты и

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

работать в две смены, чтобы грунт не успевал промерзнуть. В конце второй смены следует так же разрыхлить грунт на разрабатываемом участке.

При разработке малосвязных грунтов целесообразно устанавливать дополнительные щитки по бокам ковша. Боковые щитки направляют грунт в ковш и снижают время его наполнения в 1,5 - 2 раза.

Для улучшения загрузки ковша скрепера применяют толкачи. При этом сокращается путь и время наполнения ковша, в результате чего повышается производительность скреперов. В качестве толкачей используют тракторы.

Каждый из этих тракторов оборудуют буферным устройством - щитом. Подъезжая к скреперу, толкач упирается щитом в буфер скрепера и толкает его в момент набора грунта в ковш. Соприкосновение щита толкача с буфером скрепера должно производиться плавно, без ударов. Это достигается изменением подачи топлива: в момент подъезда к скреперу она должна быть минимальной, а затем постепенно увеличиваться. Толкач следует подводить к скреперу строго по оси их движения, чтобы центр щита совпадал с центром буфера скрепера.

Хорошие результаты при использовании толкачей дает толкающее устройство с амортизатором

Набирая рыхлые и сыпучие грунты, переднюю заслонку поднимают полностью, а после заполнения ковша на 2/3 ее опускают на призму волочения.

В конце загрузки скрепера одновременно с подъемом ковша необходимо опустить заслонку, чтобы грунт не высыпался из передней части ковша.

Транспортируют грунт к месту его укладки на II или III передаче, а разгружают на III-IV передачах скрепера при движении по прямой. Перед началом разгрузки ковш опускают и устанавливают на небольшую высоту отсыпки грунта. Переднюю заслонку плавно поднимают на полную высоту и грунт, удерживающийся ею в передней части ковша, ссыпается перед ножами и планируется ими. После того как грунт высыпается с передней части ковша, включают разгрузочное устройство и остальной грунт вытесняется из ковша.

Включать разгрузочное устройство следует в два-три приема с остановками во избежание перегрузки скрепера. На липких и влажных грунтах движение заслонки и

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

разгрузочного устройства повторяют 2-3 раза для более полного опорожнения ковша.

Разгрузку ковша и укладку грунта рациональнее выполнять под небольшой уклон, который не должен превышать 5° , так как при большем уклоне возможно опрокидывание ковша.

Укладывают грунт слоями заданной толщины, при этом каждую последующую отсыпку производят рядом с предыдущей для получения ровной поверхности, не требующей специальной планировки. Проходы скрепера во время отсыпки должны быть использованы для уплотнения грунта. Отсыпка грунта производится от краев к середине, чтобы со стороны откосов насыпь была несколько выше, чем в середине, для предотвращения сползания скрепера.

Дороги для транспортировки грунтов скреперами должны иметь минимальное число поворотов. Наибольший подъем дорог для прицепных скреперов не должен превышать 0,15, для самоходных 0,12. Уклоны спусков не должны быть более 0,25 для прицепных и 0,20 - для самоходных скреперов; боковые уклоны для прицепных скреперов - не более 0,12, для самоходных - 0,10.

В местах разгрузки скреперов должны быть оборудованы площадки для их разворота на обратный ход. Ширина этих площадок должна быть не менее указанных ниже величин: для скреперов с ковшом вместимостью менее 6 м³ - 7 м; более 6 м³ - 12,5 м; 10 м³ - 15 м; более 10 м³ - 21 м.

Передвигаться скреперы в забой должны на повышенной скорости. Так как скорость движения скрепера зависит от землевозных путей, то необходимо использовать холостой ход скрепера для планирования землевозных дорог.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

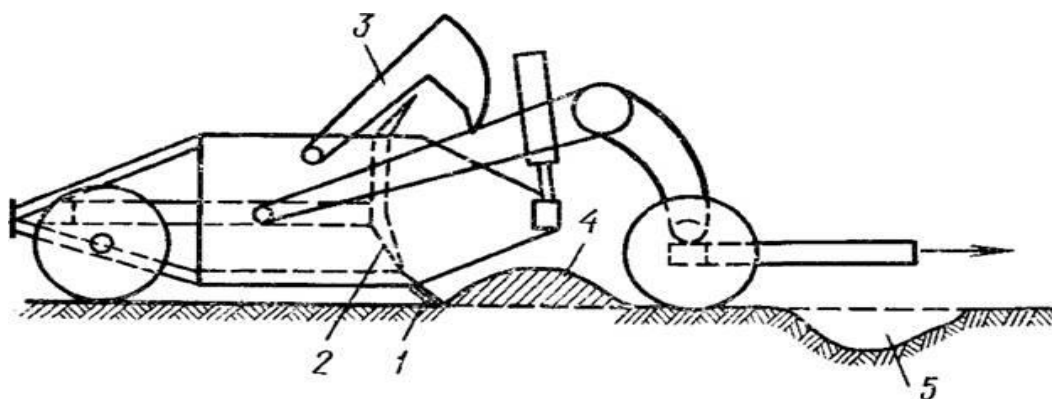


Рис. 11. Схема планировочных работ скреперами

1 - ножи, 2 - разгружающее устройство, 3 - заслонка, 4 - выступающая неровность на местности, 5 - впадина, подлежащая засыпке.

На планировочных работах заслонку ковша поднимают в крайнее верхнее положение, разгрузочное устройство устанавливают в переднее положение, а ковш опускают на грунт. При движении скрепер срезает выступающие неровности грунта ножом, сдвигает грунт и заполняет впадины. (Рис. 11.)

На планировочных работах заслонку ковша поднимают в крайнее верхнее положение, разгрузочное устройство устанавливают в переднее положение, а ковш опускают на грунт. При движении скрепер срезает выступающие неровности грунта ножом, сдвигает грунт и заполняет впадины.

Согласно типовой технологической карте на применение средств механизации - производство работ скрепером можно выделить следующие основные аспекты. Скреперные работы подразделяют на основные и вспомогательные.

Основные работы - это разработка в материковом залегании больших объемов грунтовых масс и их перемещение в земляное сооружение (насыпь, дамбу, кавальер); смягчение профиля трассы строящейся дороги; возведение дорожных и гидротехнических насыпей из боковых резервов; устройство котлованов и каналов; отсыпка насыпей-подходов к мостам или эстакадам.

К вспомогательным работам относятся: снятие растительного слоя, транспортирование сыпучих грузов и планировочные работы. Схемы движения скреперов зависят от вида земляных сооружений или работ, которые определяют

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

производительность работ, их стоимость и качество.

Наиболее распространены следующие схемы движения скреперов: эллиптическая, спиральная, "восьмеркой", по зигзагу, челночно-поперечная и челночно-продольная.

Эллиптическая схема применима во всех случаях устройства насыпей из односторонних и двусторонних резервов, а также при устройстве выемок с укладкой грунта в дамбы, насыпи или кавальеры и при планировочных работах.

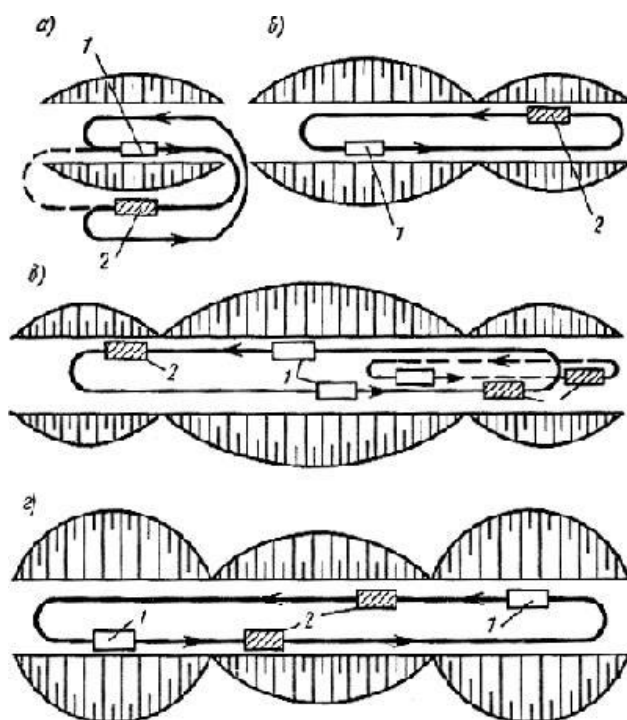


Рис. 12 Эллиптическая схема движения скреперов: в отвал (а); в смежную насыпь (б); из выемки в две насыпи (в); из двух выемок в насыпь (г):
1 - набор грунта; 2 - разгрузка грунта

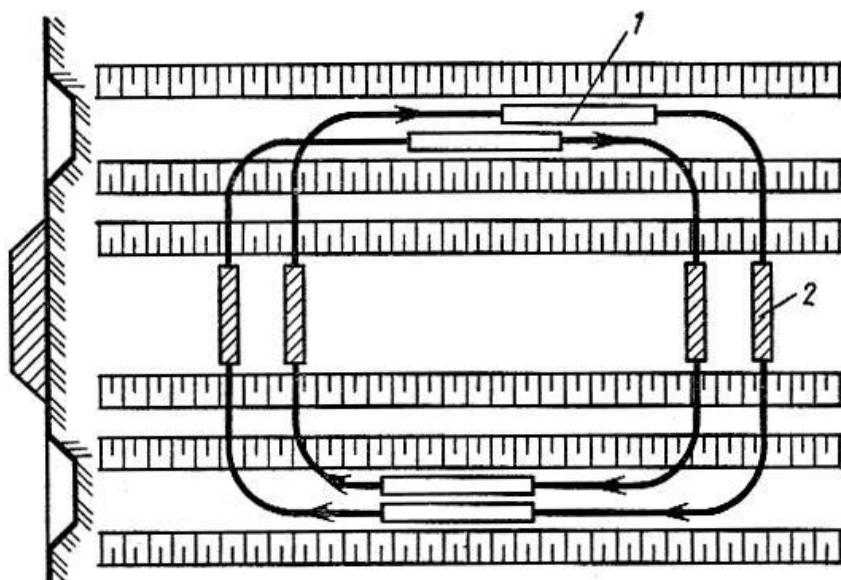


Рис. 13 Схема движения по спирали
1 - набор грунта; 2 - разгрузка грунта

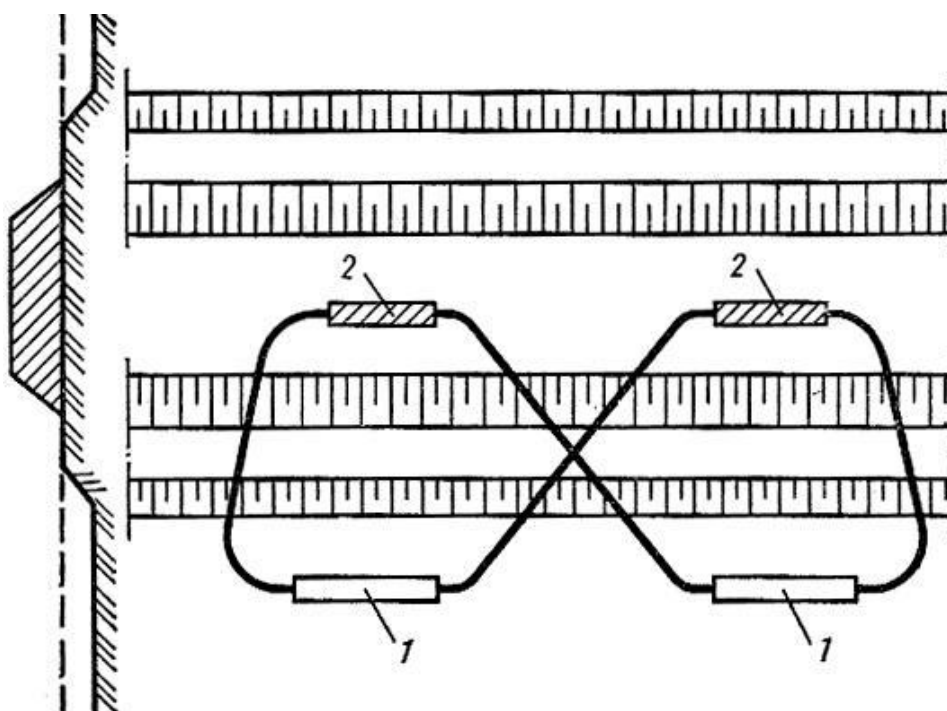


Рис. 14 Схема движения скрепера по "восьмерке"
1 - набор грунта; 2 - разгрузка грунта

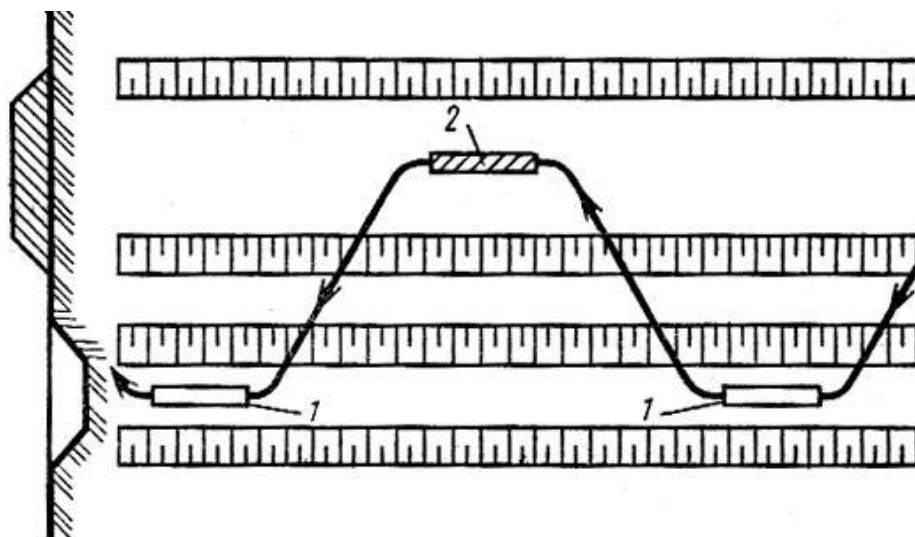


Рис. 15 Схема движения скрепера по зигзагу:
1 - набор грунта; 2 - разгрузка грунта

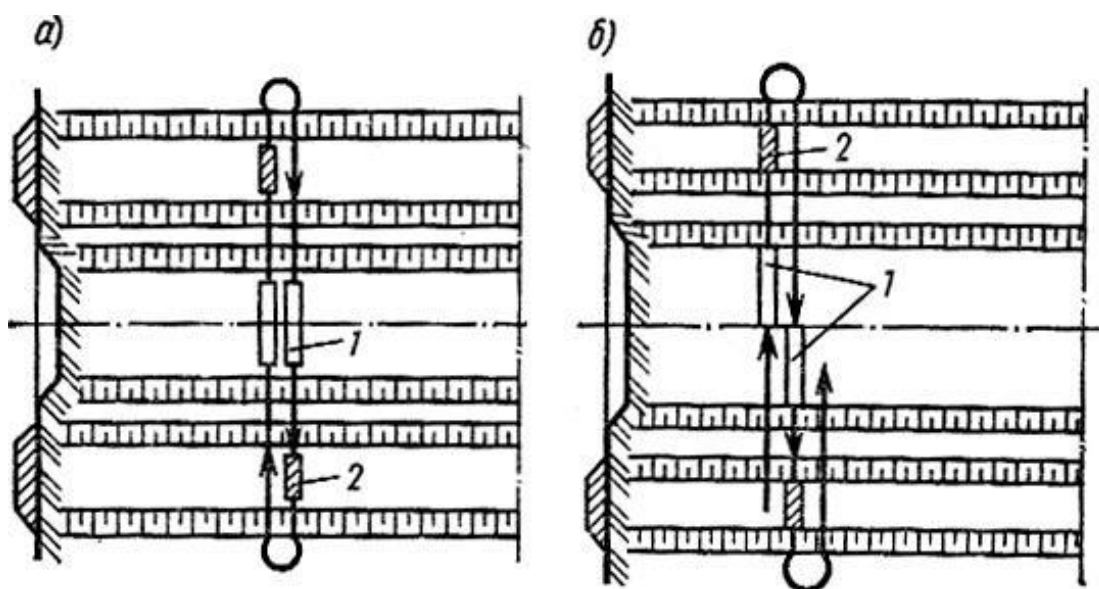


Рис. 16 Движение скрепера по челночно-поперечной схеме:
а - возведение насыпей; б - разработка грунта в канале или выемке; 1 - набор грунта; 2 - разгрузка грунта

		Макаров		
		Репин С.В.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КР 32.27.00.000 ПЗ

Лист

30

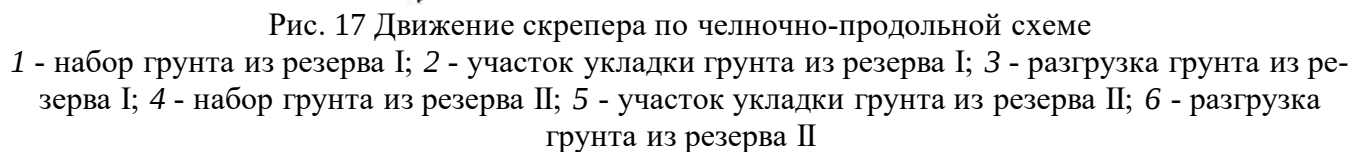


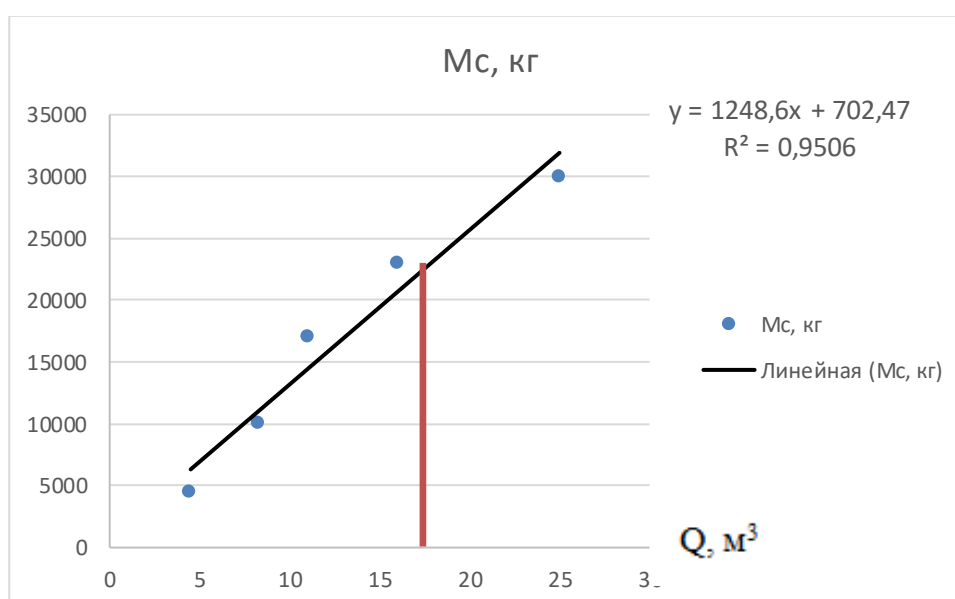
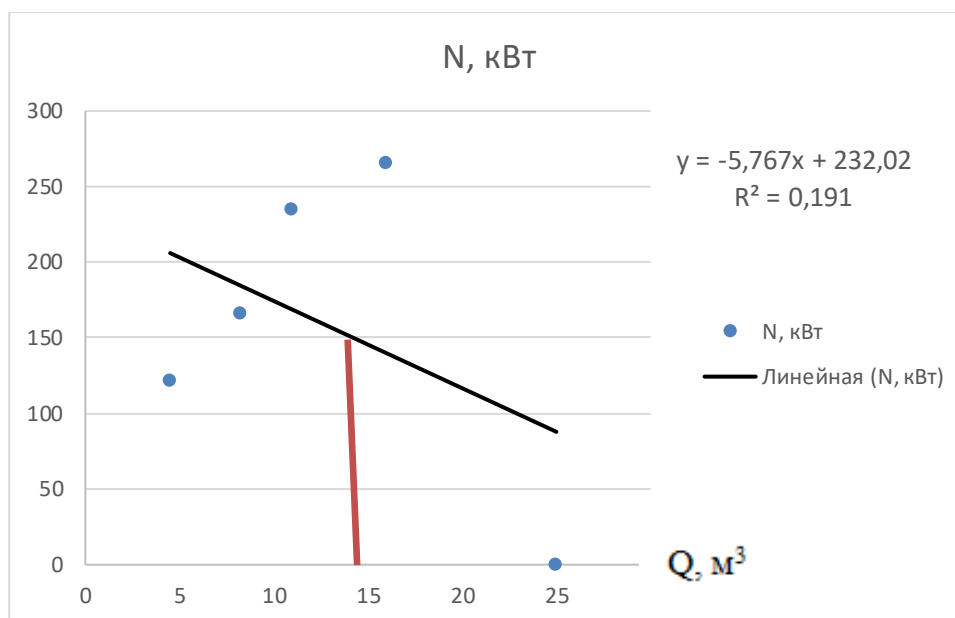
Таблица 1

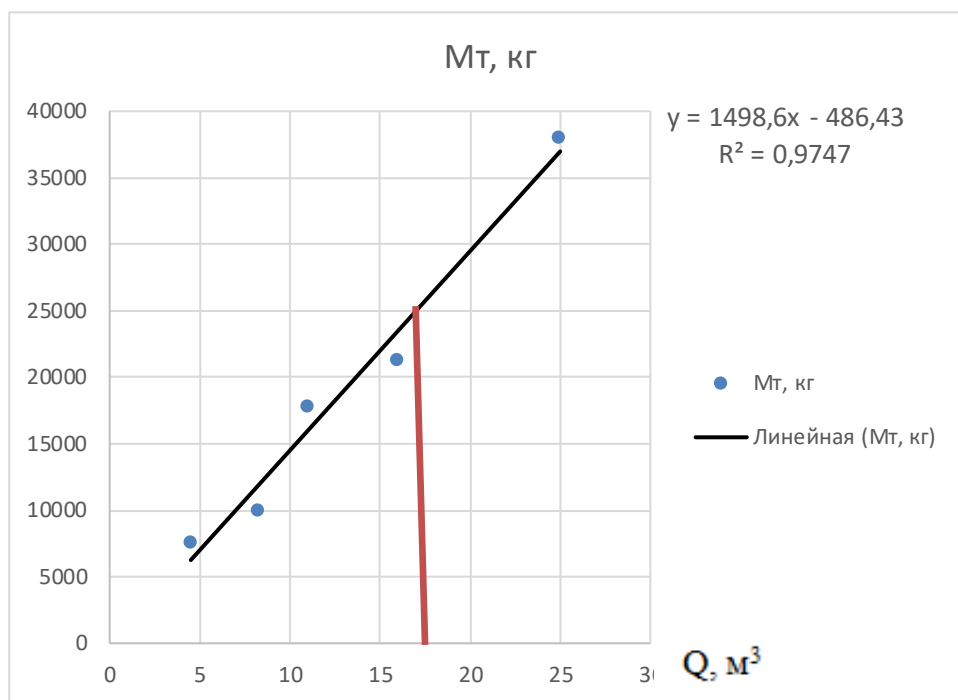
Расстояние перемещения грунта, м	Число скреперов при вместимости		
	прицепного		самоходного
	до 6	8-10	8-15
100	2	2	-
250	4	3	2
500	5	4	3
700	-	6	4
1000 и более	-	-	6

5. Расчетная часть

5.1. Определение параметров рабочего оборудования и мощности двигателя

Рассчитываемая деталь – задняя стенка скрепера.





		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.2 Выбор базовой машины

В качестве базовой машины выбран скрепер ДЗ-13Б.

Технические характеристики:

Таблица 2

Вместимость ковша, м ³	
- геометрическая	16,0±0,5
- номинальная с "шапкой"	23,0±0,5
Грузоподъемность, кг	30000
Снаряженная масса самоходного скрепера, кг	17000
Полная масса самоходного скрепера, кг	37500
Скорость самоходного скрепера, км/ч:	
- транспортная, снаряженного	50±10
- рабочая, не более	3,2
Глубина резания, мм, не менее	250
Ширина резания, мм, не менее	3430
Толщина слоя отсыпки, мм, не менее	510
Минимальная ширина полосы	
разворота, мм, не менее	12800
Дорожный просвет при полной нагрузке, мм:	
- под стремянками рессор моста тягача, мм, не менее	550
- под ножами скрепера, мм, не менее	560
Наименьший радиус поворота в обе стороны, м:	
- по колее внешнего колеса тягача	9,1
- по крайней выступающей точке тягача	10,1
Угол складывания тягача относительно	
продольной оси скрепера в каждую сторону,	
град, не более	85
Наибольший преодолеваемый угол подъема	
с полной нагрузкой на сухом и твердом грунте:	
- в процентах	15
-8°30'	
Угол поворота тягача относительно	
скрепера в вертикальной плоскости (качание)	
в каждую сторону, град	15
Двигатель	ЯМЗ-238АМ
мощность, кВт (л.с.)	265 (360)
Трансмиссия	гидромеханическая 6+1
Подвеска	рессорная с подрессорником
Шины	пневматические бескамерные 27-33

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

	с рисунком протектора повышенной
	проходимости
Тормоза	колодочного типа
Электрооборудование:	
номинальное напряжение в сети, В	24

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.3 Расчет устойчивости

Скрепер при работе испытывает ассиметрично приложенные нагрузки, преодолевает значительные поперечные уклоны, работает в тяжелых условиях. Действие перечисленных факторов может привести к опрокидыванию скрепера либо к его остановке из-за недостаточного сцепления ведущих колес с грунтом. С увеличением угла α уменьшается нагрузка на ведущие колеса. Максимальное тяговое усилие $T_{\max}$ при движении на подъем характеризуется углом $\varphi_{\text{сц}}$ при условии сохранения сцепления ведущих колес с грунтом.

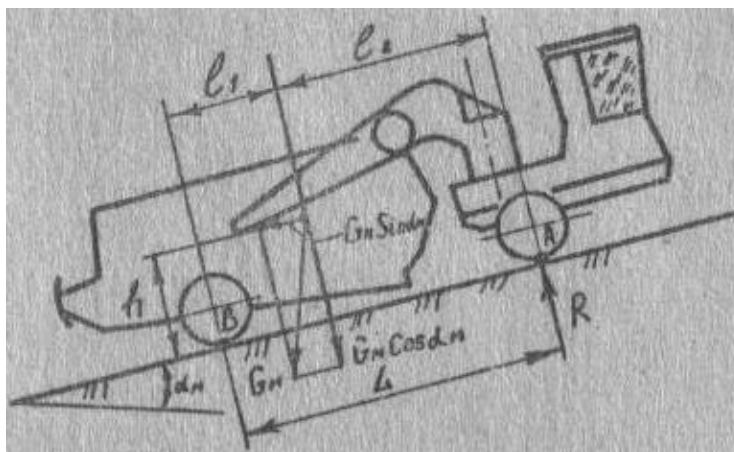


Рис. 18 Расчетная схема скрепера для расчета устойчивости

$T_{\max} = R \cdot \varphi_{\text{сц}}$, $\varphi_{\text{сц}} = T/R$, R – реакция грунта на ведущих колесах

Реакция грунта на ведущих колесах

$R = \frac{(G_{\text{т}} + G_{\text{р}}) \cdot (l_1 \cdot \cos(\alpha_{\text{MAX}}) - h \cdot \sin(\alpha_{\text{MAX}}))}{L}$, где L – база скрепера.

$$R = \frac{(160 + 149,26) \cdot (1,61 \cdot \cos(15) - 0,7 \cdot \sin(15))}{7,71} = 54 \text{ кН.}$$

Для самоходных машин с колесной формулой 4*2 α_{MAX} может быть принято в диапазоне 15-20°.

Необходимое для движения скрепера тяговое усилие:

$$T = (G_{\text{т}} + G_{\text{р}}) \cdot f \cdot \cos(\alpha_{\text{MAX}}) + (G_{\text{т}} + G_{\text{р}}) \cdot \sin(\alpha_{\text{MAX}})$$

$$T = (160 + 149,26) \cdot 0,1 \cdot \cos(15) + (160 + 149,26) \cdot \sin(15) = 109,91 \text{ кН}$$

$$\varphi_{\text{сц}} = 109,91/54 = 3,52$$

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Предельный угол подъема:

$$tg(\alpha_{MAX}) = \frac{l_1 \cdot \varphi_{сц} - Lf}{L + h \cdot \varphi_{сц}}$$

$$tg(\alpha_{MAX}) = \frac{4,81 \cdot 3,52 - 7,71 \cdot 0,1}{7,71 + 1,83 \cdot 3,52} = 1,14$$

Предельный угол подъема $\alpha_{MAX} = arctg(1,14) = 48,7^\circ$.

Устойчивость на повороте проверяется при движении по косоугору. Появляющаяся в этом случае сила инерции способствует опрокидыванию скрепера.

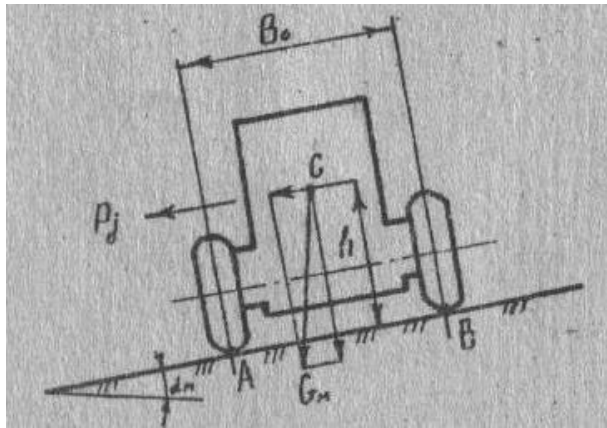


Рис. 19 Схема для определения поперечной устойчивости

Сила инерции:

$$P_j = \frac{(G_T + G_{гp}) \cdot v^2}{3,6 \cdot g \cdot r_n}, \text{ где } r_n \text{ — радиус поворота}$$

$$P_j = \frac{(160 + 149,26) \cdot 3^2}{3,6 \cdot 9,81 \cdot 10} = 7,88 \text{ кН.}$$

Уравнение равновесия системы суммы моментов сил относительно точки А:

$$\frac{v^2}{r_n} + g \left(h \cdot \sin \alpha - \frac{\cos \alpha \cdot B_0}{2} \right) = 0, \text{ отсюда:}$$

Предельное значение скорости при найденном предельном угле подъема: $v =$

$$\sqrt{r_n g \left(h \cdot \sin \alpha - \frac{\cos \alpha \cdot B_0}{2} \right)}. v = \sqrt{10 \cdot 9,81 \left(1,83 \cdot \sin 15 - \frac{\cos 15 \cdot 2,1}{2} \right)} = 7,21 \text{ м/с.}$$

5.4 Расчет сопротивлений при работе машины

Тяговое усилие: $T_H = 0,9 \frac{N_{дв} \cdot \eta_T}{V}$;

Сопротивление перемещению скрепера: $W_1 = G_T \cdot f + G_{ст} f_{скр}$;

Сопротивление резанию: $W_2 = K_0 \cdot B \cdot h$;

Сопротивление от заполнения ковша передней заслонкой:

$$W_{31} = H \cdot B \cdot h \frac{\rho g}{K_{разр}}; \quad W_{32} = 2\mu_2 H^2 \cdot B \cdot h \frac{\rho g}{K_{разр}};$$

Сопротивление перемещению призмы грунта:

$$W_4 = \gamma \cdot \mu_2 \cdot G_{гр};$$

Суммарное сопротивление: $\sum W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$.

Расчет сопротивлений при работе скрепера на глине, суглинке и песке при различной толщине снимаемой стружки рассчитан в M.S. Excel с учетом исходных данных. Результаты представлены ниже.

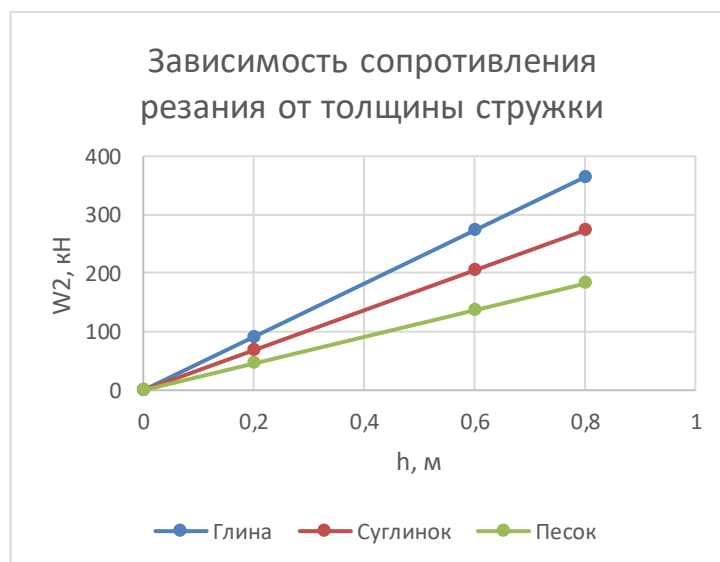


Рис. 20 График зависимости сопротивления резания от толщины стружки

Значения сопротивлений при работе машины от толщины снимаемой
стружки
и вида грунта

Показатели	Грунты								
	Глина			Суглинок			Песок		
	0,2	0,6	0,8	0,2	0,6	0,8	0,2	0,6	0,8
Сопротивление перемещению скрепера W1, кН	102,933	95,3313	95,3313	160,896	149,015	149,015	218,86	202,699	202,699
Сопротивление резанию W2, кН	91,08	273,24	364,32	68,31	204,93	273,24	45,54	136,62	182,16
Сопротивление от заполнения ковша передней заслонкой W31, кН	18,4747	55,4242	73,8989	17,7905	53,3714	71,1619	16,9818	50,9454	67,9273
Сопротивление от заполнения ковша передней заслонкой W32, кН	71,5105	71,5105	71,5105	82,8894	82,8894	82,8894	81,7996	81,7996	81,7996
Сопротивление от заполнения ковша передней заслонкой W33, кН	89,9852	126,935	145,409	100,68	136,261	154,051	98,7815	132,745	149,727
Сопротивление перемещению призмы грунта W4, кН	146,548	146,548	146,548	137,592	137,592	137,592	132,011	132,011	132,011
Суммарное сопротивление ΣW, кН	430,546	642,054	751,608	467,478	627,798	713,899	495,193	604,076	666,598
Толщина стружки, м									
h _{max}	h _{min}	h _{ср}							
				0,38495	0,26513	0,32504	0,43866	0,27817	0,35842
				0,5461	0,30157	0,42384			

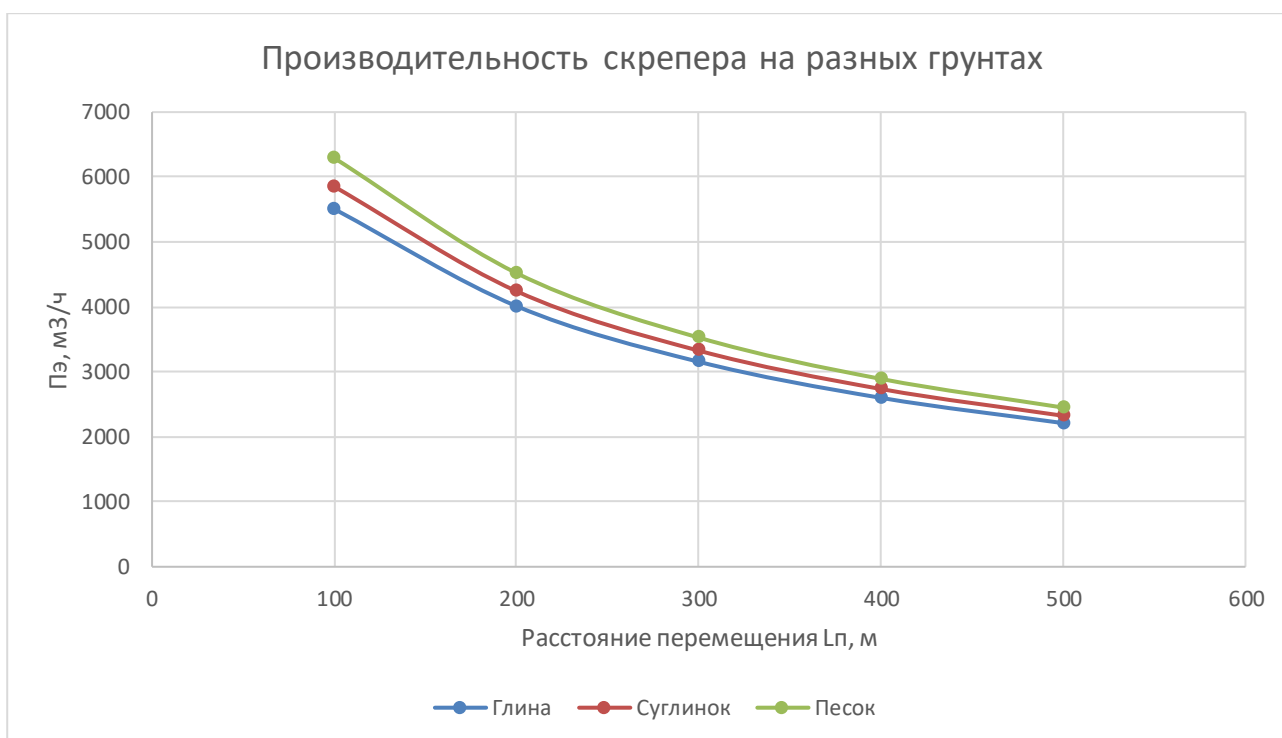
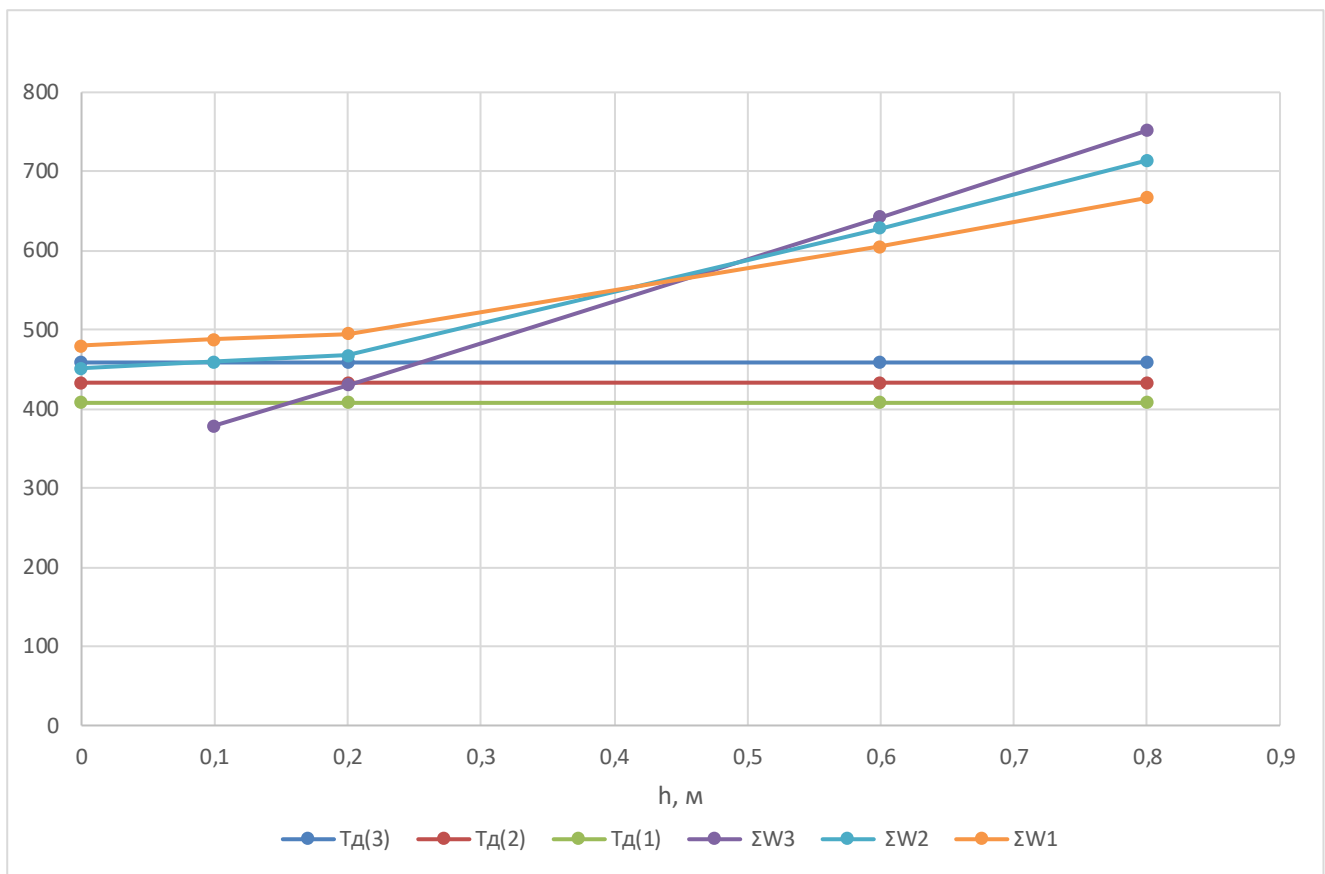


Рис. 21 График производительности скрепера на различных грунтах



5.5 Определение нагрузок на рабочее оборудование

Нагрузки на конструкцию скрепера определяют при копании им грунта [3, с. 212]. Максимального значения они достигают в конце наполнения и начале подъема ковша скрепера или при режиме копания с вывешенными задними колесами. В первом случае скрепер при движении по горизонтальной поверхности опирается на все колеса, ковш максимально наполнен грунтом. Расчетная схема для этого случая представлена на рис. 19.

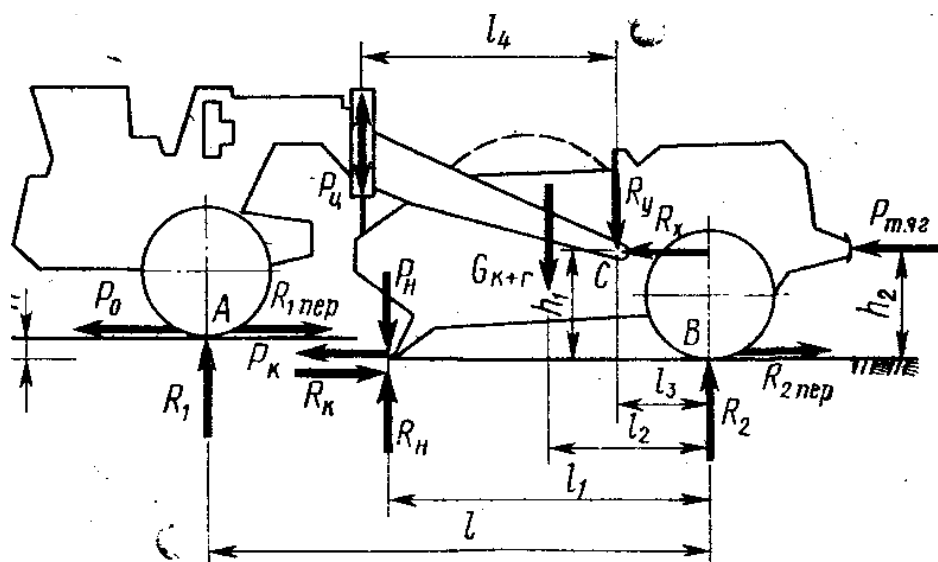


Рис. 22 Схема для определения нагрузок на рабочее оборудование скрепера, действующих в конце заполнения и начале подъема ковша

На скрепер действуют следующие активные силы: окружное усилие P_0 , тяговое усилие толкача $P_{тяги}$, масса скрепера с грунтом $G_{к+г}$, реактивные силы—реакции грунта на колеса R_1 и R_2 , силы для преодоления сопротивления грунта копанию $R_к$ и $R_н$, силы сопротивления движению колес $R_{1пер}$ и $R_{2пер}$. Кроме того, действуют реакции грунта на нож скрепера $R_к$ и $R_н$, реакции в шарнире крепления тяговой рамы к ковшу R_x и R_y , а также усилие на штоке гидроцилиндров подъема ковша $P_ц$. Скрепер планирует грунт глину.

$P_{тяги} = 0$ – буксир-толкач не используется.

По 2 Закону Ньютона:

$$R_к = P_к, R_н = P_н.$$

Нагрузка на рабочее оборудование определяется из системы уравнений:

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\begin{cases} \sum M_B = 0: R_1 l + R_{1пер} h - P_0 h - P_H l_1 - G_{к+г} \cdot l_2 - P_{тяг} h_2 = 0 \\ \sum X = 0: P_K + R_{1пер} + R_{2пер} - P_0 - P_{тяг} = 0 \\ \sum Y = 0: G_{к+г} - R_1 - R_2 + R_H = 0 \end{cases}$$

При условии:

$$R_{1пер} = R_1 f \text{ и } R_{2пер} = R_2 f.$$

Для решения системы находим компоненты уравнений:

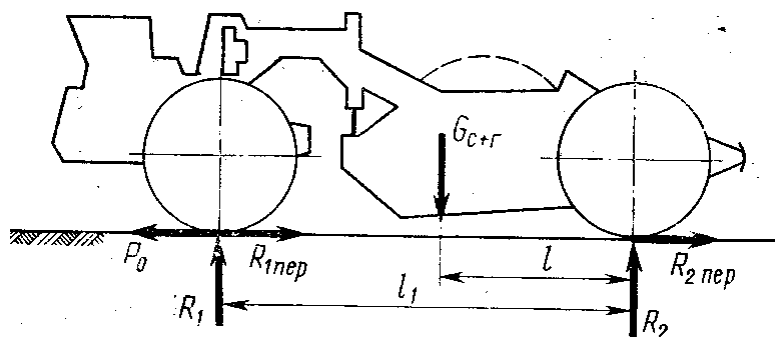


Рис. 23 Схема для определения сил, действующих на скрепер в транспортном положении при прямолинейном движении

Потребное окружное усилие на ведущих колесах для выезда из препятствия:

$$P_0 = P_{01} + P_{02},$$

где P_{01} — сопротивление перекатыванию груженой машины; P_{02} — сопротивление препятствия. При этом $P_{01} = G_{с+г} f$ и $P_{02} = P_1 B_0 / l$.

$$P_{01} = 0,1 \cdot 202,6 = 20,26 \text{ кН}; P_{02} = 258 \cdot 2,67 / 7,71 = 89,35 \text{ кН. Значит } P_0 = 110 \text{ кН.}$$

$$P_p = P_{тяги} = 210 \text{ кН.}$$

$$P_K = P_p - (P_{пр} + P_{2TP}) = 210 - (67,8 + 64,08) = 78,12 \text{ кН.}$$

$$P_{пр} = \mu_2 \cdot q \cdot \frac{\rho g}{K_{разр}} = 67,8 \text{ кН.}$$

$$P_{2TP} = \psi_1 \mu_1 \cdot B \cdot K_{рез} \cdot h = 64,08 \text{ кН.}$$

Тогда система уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} R_1 7,71 + R_1 0,01 - 0,1 - P_H 0,81 - 202,6 1,62 - 210 0,7 = 0 \\ 78,12 + R_1 0,01 + R_2 0,01 - 110 - 210 = 0 \\ 202,6 - R_1 - R_2 + P_H = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_1 7,72 - P_H 0,81 - 486 = 0 & R_1 \\ 0,01 + R_2 0,01 - 242 = 0 & 202,6 - \\ R_1 - R_2 + P_H = 0 \end{cases}$$

Решение методом обратной матрицы

$$A \cdot X = B$$

$$A = \begin{pmatrix} \frac{193}{25} & \frac{-81}{100} & 0 \\ \frac{1}{100} & 0 & \frac{1}{100} \\ -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 486 \\ 242 \\ \frac{-1013}{5} \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{25}{193} & \frac{2025}{193} & \frac{81}{772} \\ 0 & 100 & 1 \\ \frac{-25}{193} & \frac{17275}{193} & \frac{-81}{772} \end{pmatrix}$$

$$X = A^{-1} \cdot B = \begin{pmatrix} \frac{25}{193} & \frac{2025}{193} & \frac{81}{772} \\ 0 & 100 & 1 \\ \frac{-25}{193} & \frac{17275}{193} & \frac{-81}{772} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{25}{193} & \frac{2025}{193} & \frac{81}{772} \\ 0 & 100 & 1 \\ \frac{-25}{193} & \frac{17275}{193} & \frac{-81}{772} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{9961947}{3860} \\ \frac{119987}{5} \\ \frac{83450053}{3860} \end{pmatrix}$$

$$R_1 = 2580 \text{ Н}, R_2 = 23\,997,4 \text{ Н}, P_H = 21619,18 \text{ Н}.$$

Усилие в механизме подъема гидроцилиндра P_H , можно определить, рассматривая силы, действующие на заднюю часть скрепера (рис. 19):

$$\begin{aligned} \sum M_c = 0: & G_{\kappa+z}(l_2 - l_3) + P_{\text{тяги}}(h_2 - h_1) - R_{2\text{неп}}h_1 - R_2l_3 - P_{\kappa}h_1 - P_H(l_1 - l_3) + P_y l_4 = 0. \text{ Тогда:} \\ P_y = & -(G_{\kappa+z}(l_2 - l_3) + P_{\text{тяги}}(h_2 - h_1) - R_{2\text{неп}}h_1 - R_2l_3 - P_{\kappa}h_1 - P_H(l_1 - l_3)) / (l_4) \\ P_y = & -(202,6(0,41) + 210(0,6) - 2,4 - 24 \cdot 2,82 - 78,12 - 21,6(1,22)) / (2,82) = \\ = & -37,15 \text{ кН}. \end{aligned}$$

5.6 Прочностной расчет

Рассчитываемая деталь – задняя стенка ковша скрепера. Расчетное положение — в случае принудительной разгрузки, выдвижение задней стенки в начальный момент разгрузки ковша. В этом положении нагрузка на деталь будет максимальна, так как включен механизм выдвижения задней стенки; сила тяжести ковша полностью воспринимается подъемным гидравлическим цилиндром и ходовым устройством скрепера. Следовательно, усилие в цилиндре не способно уменьшить нагрузку, вызванную в начальный момент разгрузки ковша. Задняя стенка целиком воспримет нагрузку P_1 , приложенную в середину задней стенки и изгибающую ее.

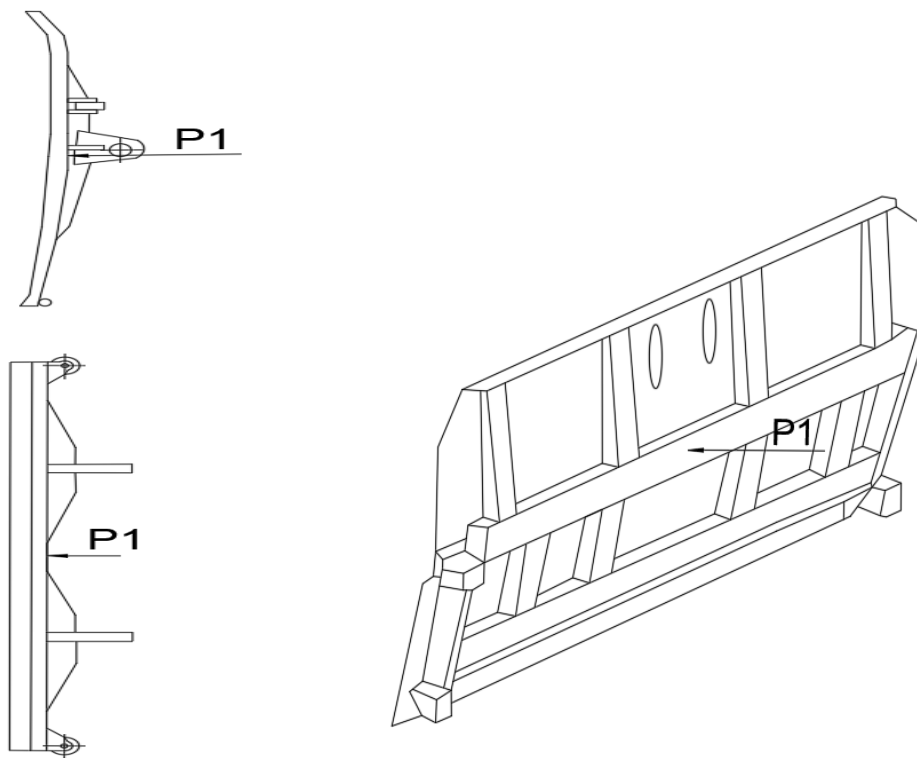


Рис. 24 Расчетная схема во время начальной разгрузки ковша

По расчетной схеме рис. 21 можно определить силу P_1 . Нагрузка P_1 , определяется как: $P_1 = T_d \cdot K_d - F_a - F_b - W_4$. Из тягового расчета $T_d = 258$ кН; $W_4 = 27,14$ кН, $K_d = 2,5$.

$$F_a = R_a \cdot f = 0,1 \cdot 2,58 = 0,258 \text{ кН}, F_b = R_b \cdot f = 0,1 \cdot 24 = 2,4 \text{ кН}$$

$$\text{Тогда } P_1 = 258 \cdot 2,5 - 0,258 - 2,4 - 27,14 = 615,202 \text{ кН}$$

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

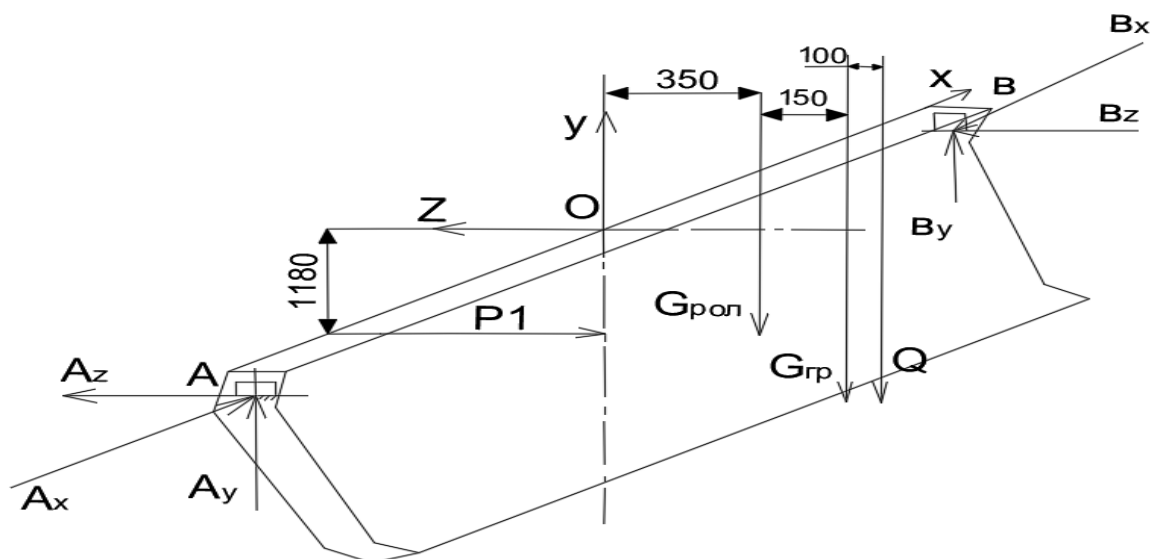


Рис. 25 Расчетное положение задней стенки

Сопротивление разрыва призмы грунта в рабочем органе Q равняется:

$Q = c \cdot B_3 \cdot H_3 = 50000 \cdot 2,6 \cdot 1,42 = 183,5 \text{ кН}$. Масса грунта G_r зависит от ширины задней стенки $B_{з.с.}$, ее высоты $H_{з.с.}$, длины $L_{з.с.}$ и формы. Для приближенных расчетов принимают: $G_2 = k_{з.с.} \cdot B_{з.с.} \cdot H_{з.с.} \cdot L_{з.с.} \cdot \rho_2 \cdot g$; $G_2 = 68 \text{ кН}$;

где $k_{з.с.}$ — коэффициент, учитывающий конфигурацию задней стенки, $k_{з.с.} = 0,8$.

$G_3 = 5,4 \text{ кН}$. Реакции в заделках A и B равны в силу симметрии приложения нагрузок и конструкции.

Определение реакций:

$$\Sigma F_x = 0: A_x - B_x = 0; A_x = B_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0: A_y + B_y - G_{пол} - G_{гр} - Q = 0; 2A_y = 258; A_y = B_y = 129 \text{ кН}$$

$$\Sigma F_z = 0: A_z + B_z - P_1 = 0; 2A_z = 615,202; A_z = B_z = 307,601 \text{ кН}$$

Определение моментов относительно осей координат:

$$\Sigma M_{0x} = 0: M_{Ax} + M_{Bx} + G_{пол} \cdot 350 + G_{гр} \cdot 500 + Q \cdot 600 - P_1 \cdot 1180 = 0;$$

$$2M_{Ax} = P_1 \cdot 1,18 - (G_{пол} \cdot 0,350 + G_{гр} \cdot 0,5 + Q \cdot 0,6); M_{Ax} = 302 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\Sigma M_{0y} = 0: M_{Ay} = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\Sigma M_{0z} = 0: M_{Az} = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

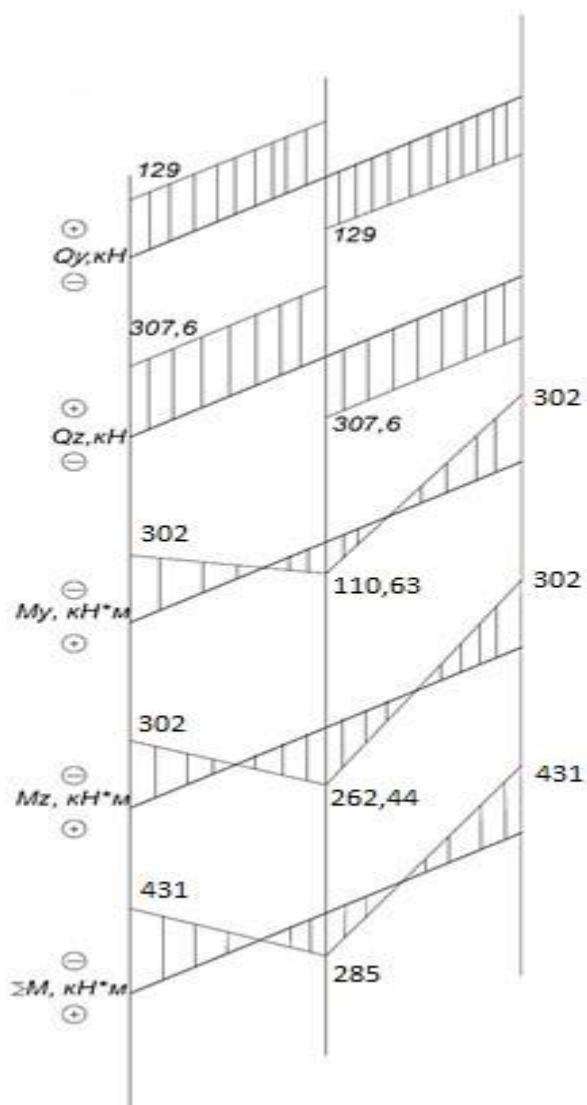


Рис. 26 Эпюры сил и моментов для расчетного положения задней стенки
Геометрические параметры центров тяжести простых сечений.

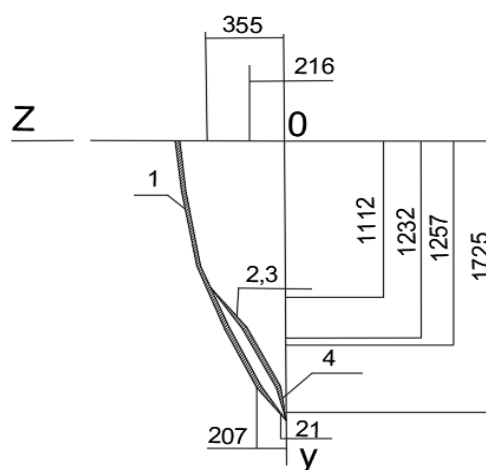


Рис. 27 Опасное сечение с расстоянием до центров тяжести плоских поперечных сечений

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Геометрические параметры центров тяжести простых сечений

Таблица 4

Элемент заслонки	Y,м	Z,м	F,м ²
1	1,112	0,355	0,0009075
2	1,232	0,216	0,016
3	1,257	0,207	0,016
4	1,725	0,021	0,00305

$$Z_c = \frac{S_y}{A} = \frac{0,355 \cdot 0,0009075 + 0,216 \cdot 0,016 + 0,207 \cdot 0,016 + 0,021 \cdot 0,00305}{0,029} = 0,247\text{м.}$$

$$y_c = \frac{S_z}{A} = \frac{1,112 \cdot 0,0009075 + 1,232 \cdot 0,016 + 1,257 \cdot 0,016 + 1,725 \cdot 0,00305}{0,029} = 0,959\text{м}$$

Координаты центра тяжести сложного сечения(z_c, y_c)

Осевой момент инерции $J_z = \int y^2 dA = y^2 A = 0,959 \cdot 0,959 \cdot 0,029 = 0,027\text{м}^2$

Момент сопротивления $W_z = \frac{J_z}{|y_{max}|} = \frac{0,027}{|0,959|} = 0,028\text{м}^3$

Максимальное значение нормального напряжение при изгибе $\sigma_{max} = \frac{M_{изг}}{W_z} = \frac{431 \cdot 10^3}{0,028} = 15,4\text{МПа.}$

Касательное напряжение равняется $\tau = \frac{Q_y \cdot S_z}{b \cdot J_z} = \frac{129 \cdot 0,028 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,027} = 0,138\text{МПа}$

Тогда $\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3\tau^2} = \sqrt{15,4^2 + 3 \cdot 0,138^2} = 15,4\text{МПа}$

Допускаемое напряжение для стали 10ХСД на изгиб равняется $[\sigma]=135\text{Мпа}$

$[\sigma] \cdot k = 135 \cdot 1,2 = 162\text{МПа}$

$\sigma_{экв} = 15,4\text{МПа} \leq [\sigma] \cdot k = 162\text{Мпа}$

Следовательно, условие прочности выполняется. Расчетные геометрические параметры сечения наиболее нагруженного участка детали способны воспринимать нагрузку без деформаций.

Расчет на прочность сварных соединений в опасном сечении. Присоединение элемента 1 с элементом 2 и элементом 3 задней стенки — тавровый сварной шов со скосом кромок привариваемых листов. Сечение элемента 2,3 – (S - толщина листа, Н – ширина листа, S = 27 мм, Н = 3400 мм);

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Соединение приварено со скосом кромок, швы рассчитываются по нормальным напряжениям: $\sigma_p = \frac{M_{изг}}{W_{шва}}, W_{шва} = \frac{S \cdot H^2}{6}; W_{шва} = \frac{0,028 \cdot 3,4^2}{6} = 0,054 \text{ м}^3$

$$\sigma_p = \frac{431 \cdot 10^3}{0,054} = 7,98 \text{ МПа}$$

Условие прочности:

$\sigma_p \leq [\sigma'_p]$, для автоматической сварки допускаемое напряжение равняется:

$$[\sigma'_p] = [\sigma] \cdot k = 162 \text{ МПа.}$$

$\sigma_p = 7,98 \text{ МПа} \leq [\sigma'_p] = 162 \text{ МПа}$ — прочность обеспечена.

Присоединение элемента 2 и элементом 3 с элементом 4 задней стенки — тавровый сварной шов без скоса кромок привариваемых листов.

Соединение приварено без скоса кромок, швы рассчитываются по касательным напряжениям: $\tau_{cp} = \frac{M_{изг}}{W_{шва}}, W_{шва} = \frac{2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot H^2}{6}; W_{шва} = \frac{2 \cdot 0,7 \cdot 0,015 \cdot 3,4^2}{6} = 0,041 \text{ м}^3$

$$\sigma_p = \frac{431 \cdot 10^3}{0,041} = 10,5 \text{ МПа}$$

Условие прочности:

$\tau_{cp} \leq [\tau'_{cp}]$, для автоматической сварки допускаемое напряжение равняется:

$$[\tau'_{cp}] = [\sigma] \cdot \varphi = 162 \cdot 0,9 = 146 \text{ МПа.}$$

$\tau_{cp} = 10,5 \text{ МПа} \leq [\tau'_{cp}] = 146 \text{ МПа}$ — прочность обеспечена.

Присоединение элемента 1 с эл. 4 задней стенки (таблица 5) — угловой сварной шов с одной стороны без скоса кромок привариваемых листов.

Соединение приварено без скоса кромок, швы рассчитываются по касательным напряжениям: $\tau_{cp} = \frac{F \sin 135^\circ}{0,7 \cdot k \cdot L}, \tau_{cp} = \frac{609 \cdot 10^3 \cdot 0,707}{0,7 \cdot 0,015 \cdot 3,4} = 12 \text{ МПа}$

Условие прочности:

$\tau_{cp} \leq [\tau'_{cp}]$, для автоматической сварки допускаемое напряжение равняется:

$$[\tau'_{cp}] = [\sigma] \cdot \varphi = 162 \cdot 0,9 = 146 \text{ МПа.}$$

$\tau_{cp} = 12 \text{ МПа} \leq [\tau'_{cp}] = 146 \text{ МПа}$ — прочность обеспечена.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.7 Расчет привода рабочего оборудования

Диаметр цилиндров подъема-опускания ковша скрепера находим по заданной нагрузке $R_{пс}$ при выдвигении штока из формулы [8, с. 183]:

$$D \approx \sqrt{\frac{4 \cdot R_{пс}}{\pi \cdot \eta_{гм.ц} \cdot \Delta p_{ц}}}$$

где $\Delta p_{ц} = p_A - p_B = p_A - 0,02 \cdot p_A = 17,6 - 0,02 \cdot 17,6 = 17,3 \text{ МПа}$ – перепад

давления в цилиндре при работе под нагрузкой при установившейся температуре жидкости в системе 60°C

$\eta_{гм.ц} = 0,93$ – гидромеханический КПД цилиндра, выбирается в зависимости от давления жидкости на входе в цилиндр.

Диаметры гидроцилиндров подъема-опускания ковша:

Усилие цилиндра подъема-опускания ковша определяется из условия вывешивания задних колес скрепера.

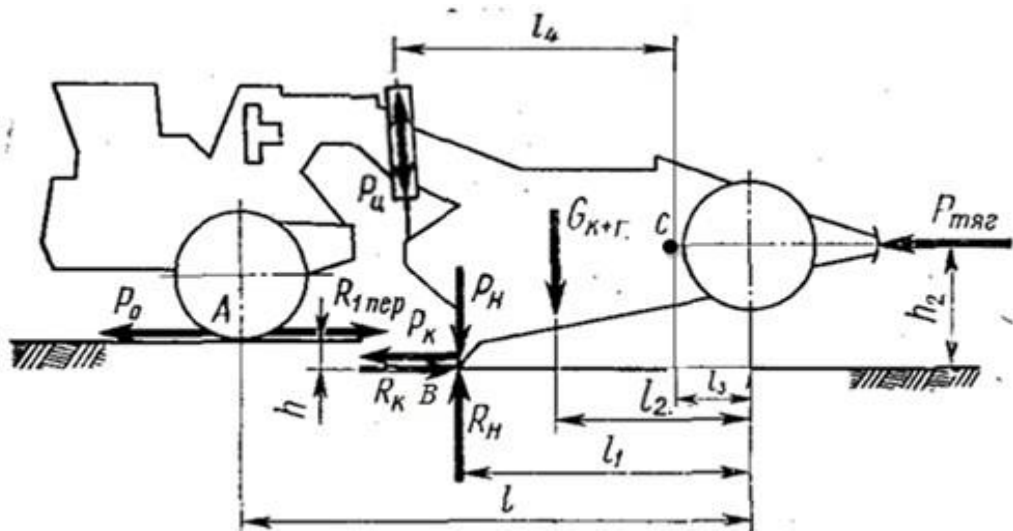


Рис. 28 Схема к расчету сил, действующих на скрепер при копании грунта с вывешенными задними колесами

$$\sum X=0: P_k + R_{1пер} + R_k - P_0 = 0; 2P_k + R_{1пер} - P_0 = 0; R_{1пер} = -56,24 \text{ кН.}$$

$$\sum M_B = 0: G_{к+г}(l_1 - l_2) + R_{1пер}h - P_{0h} + P_{ц}(l_4 - l_1) = 0.$$

$$\text{Тогда } P_{ц} = (P_{0h} - (G_{к+г}(l_1 - l_2) + R_{1пер}h)) / (l_4 - l_1 - l_3).$$

$$P_{ц} = (110 \cdot 0,1 - (68(1,68 - 0,9) + (-56,24) \cdot 0,1)) / (2,82 - 1,68 - 0,41) = -49,88 \text{ кН}$$

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D_{1,2} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 49,88}{3,14 \cdot 0,93 \cdot 17,3 \cdot 10^6}} = 0,1256\text{м} = 125\text{мм}$$

Корректируем диаметры цилиндра и штока с учетом рекомендуемых значений.

Получаем диаметр цилиндра $D_{1,2}=125$ мм и диаметр штока $d_{1,2} = 70$ мм.

Диаметры гидроцилиндров привода задней стенки.

Усилие для перемещения задней стенки определяется [4, с. 96]:

$$S_c = W_T + W_B + W_{KC} + W_j ;$$

Соппротивление трения грунта о днище ковша:

$$W_T = \mu_1 \cdot G_{гр} = 0,6 \cdot 68 = 40,8 \text{ кН.}$$

Соппротивление трения грунта о боковые стенки:

$$W_B = 2\mu_1 \cdot \rho L \frac{H^2}{2} tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2} \right) = 2 \cdot 0,6 \cdot 1,8 \cdot \frac{1,4^2}{2} \cdot 2,4 \cdot tg^2(20^\circ) = 0,67 \text{ кН.}$$

Соппротивление качению роликов задней стенки:

$$W_{KC} = f \cdot G_{CT} = 0,1 \cdot 3000 = 0,3 \text{ кН.}$$

Соппротивление, вызванное силой инерции из-за движущейся к стенке массы грунта:

$$W_B = (\mu_1 \cdot G_{гр} + G_{CT}) \frac{V_c}{gt_1} = (0,6 \cdot 68 + 3000) \frac{0,2}{9,8 \cdot 2} = 31 \text{ кН}$$

$$S_c = 40,8 + 0,67 + 0,3 + 31 = 73 \text{ кН; Тогда } R_{3,4} = 36,5 \text{ кН.}$$

Диаметры гидроцилиндров привода задней стенки:

$$D_{3,4} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 36,5 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 0,93 \cdot 17,3 \cdot 10^6}} = 0,109\text{м} = 110\text{мм}$$

Корректируем диаметры цилиндра и штока с учетом рекомендуемых значений.

Получаем диаметр цилиндра $D_{3,4}=110$ мм и диаметр штока $d_{3,4} = 63$ мм.

Диаметры гидроцилиндров привода передней заслонки:

Усилие для привода передней заслонки находим из расчета на прочность передней заслонки:

$$P_{зас} = G_{зас} l_3 + G_r \cdot l_2 / l_1 = 5,4 \cdot 1,4 + 68 \cdot 3,83 = 267,56 \text{ кН.}$$

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D_{5,6} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 267,56 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 0,93 \cdot 17,3 \cdot 10^6}} = 0,32\text{м} = 320\text{мм}$$

Корректируем диаметры цилиндра и штока с учетом рекомендуемых значений.

Получаем диаметр цилиндра $D_{5,6}=320$ мм и диаметр штока $d_{5,6} = 160$ мм

Ход штока обычно не превышает $10D$. По ГОСТ 6540-68 принимаем величину хода штока для цилиндров подъема-опускания ковша $X_{1,2} = 900$ мм, для цилиндра привода задней стенки $X_{3,4}=1000$ мм, для цилиндра передней заслонки $X_{5,6}= 3150$ мм.

Для повышения надежности и долговечности на штоке рядом с поршнем устанавливается демпфер, смягчающий удар поршня в переднюю крышку цилиндра в конце его полного хода.

Условие прочности стенок цилиндра определяется:

$$\sigma_p = p_{max} \cdot \frac{D_H^2 + 2\delta + 2\delta^2}{2\delta} \cdot (D_H - \delta) \leq [\sigma_p],$$

где $p_{max} = 20 \cdot 1,2 = 24$ МПа — максимальное давление (давление срабатывания предохранительного клапана) в гидросистеме равное $(1,2...1,3) \cdot p_{ном}$.

Из условия прочности определяется, как неизвестное допустимая минимальная толщина δ_{min} (м) стенки силового цилиндра:

$$\delta_{min} = \frac{D}{2} \cdot \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_{max} \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p_{max} \cdot (1 + \mu)}} - 1$$

где $[\sigma_p] = (165...195) \cdot 10^6$ — допускаемое напряжение материала цилиндра при растяжении по окружности под действием внутреннего давления, Па;

μ — коэффициент Пуассона для стали — 0,29.

К найденной по формуле минимальной толщине стенки δ_{min} цилиндра прибавляется припуск на механическую обработку металла.

Для диаметров цилиндра $D = 30...180$ мм он принимается равным $0,5...1,0$ мм.

$$\delta = \delta_{min} + \Delta$$

$$D_H = D_H + 2 \cdot \delta$$

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Трубопроводы являются тонкостенными.

Расчёт на продольный разрыв прямых тонкостенных трубопроводов нагруженных внутренним давлением p_{max} , производится по условию прочности:

$$\sigma_p = \frac{p_{max} \cdot D_H}{2\delta} \leq [\sigma_p],$$

где D_H - наружный диаметр трубопровода;

Проверка условия прочности для гидроцилиндра подъема-опускания ковша:

Минимальная толщина стенки цилиндра:

$$\delta_{min} = \frac{D}{2} \cdot \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_{max} \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p_{max} \cdot (1 + \mu)}} - 1 = \delta_{min} = \frac{0,125}{2} \cdot \sqrt{\frac{180 \cdot 10^6 + 24 \cdot 10^6(1 - 2 \cdot 0,29)}{180 \cdot 10^6 - 24 \cdot 10^6(1 + 0,29)}} - 1 == 0,01м$$

$$= 10мм$$

$$\delta = \delta_{min} + \Delta = 0,010 + 0,001 = 0,011м.$$

$$D_H = D_H + 2 \cdot \delta = 0,125 + 2 \cdot 0,011 = 0,147$$

$$\sigma_p = \frac{24 \cdot 147}{2 \cdot 11} = 160МПа \leq 180МПа, \text{ условие прочности выполняется.}$$

Проверка условия прочности для гидроцилиндра привода задней стенки:

Минимальная толщина стенки цилиндра

$$\delta_{min} = \frac{D}{2} \cdot \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_{max} \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p_{max} \cdot (1 + \mu)}} - 1 = \delta_{min} = \frac{0,110}{2} \cdot \sqrt{\frac{190 \cdot 10^6 + 24 \cdot 10^6(1 - 2 \cdot 0,29)}{190 \cdot 10^6 - 24 \cdot 10^6(1 + 0,29)}} - 1 =$$

$$= 0,008м = 8мм$$

$$\delta = \delta_{min} + \Delta = 0,008 + 0,001 = 0,009м.$$

$$D_H = D_H + 2 \cdot \delta = 0,110 + 2 \cdot 0,009 = 0,128$$

$$\sigma_p = \frac{24 \cdot 128}{2 \cdot 9} = 170МПа \leq 190МПа, \text{ условие прочности выполняется.}$$

Проверка условия прочности для гидроцилиндра привода передней заслонки:

Минимальная толщина стенки цилиндра:

$$\delta_{min} = \frac{D}{2} \cdot \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_{max} \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p_{max} \cdot (1 + \mu)}} - 1 = \delta_{min} = \frac{0,320}{2} \cdot \sqrt{\frac{190 \cdot 10^6 + 24 \cdot 10^6(1 - 2 \cdot 0,29)}{190 \cdot 10^6 - 24 \cdot 10^6(1 + 0,29)}} - 1 =$$

$$= 0,025м = 25мм$$

$$\delta = \delta_{min} + \Delta = 0,025 + 0,001 = 0,026м.$$

$$D_H = D_H + 2 \cdot \delta = 0,110 + 2 \cdot 0,026 = 0,162$$

$$\sigma_p = \frac{24 \cdot 162}{2 \cdot 26} = 75МПа \leq 190МПа, \text{ условие прочности выполняется.}$$

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.8 Технико-экономический расчет

Себестоимость единицы конечной продукции, руб./м³ :

$$C_{\text{ед}} = \frac{K_1 \cdot \sum_{i=1}^n (C_{\text{мсм}} \cdot n_{\text{mi}}) + K_2 \cdot C_p}{P_{\text{эк}}}, \text{ где } K_1 - \text{коэффициент, учитывающий накладные}$$

расходы на эксплуатацию машин. Принимаем $K_1 = 1,08$; K_2 – коэффициент, учитывающий накладные расходы на зарплату. Принимаем $K_2 = 1,5$; – стоимость машиносмены i -го вида машин, руб./см.; n_{mi} – количество машин i -го вида;

C_p – зарплата за смену, не учтенная в затратах на эксплуатацию машин, руб. (3600 руб./см.); $P_{\text{э}}$ – сменная производительность комплекта машин, м³/см.

Стоимость машиносмены при односменной работе определяется для каждого вида машин, руб./см. по формуле:

$$C_{\text{мсм}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot a}{100 \cdot T_{\text{год}} \cdot t_{\text{см}}} + C_p + C_T + C_c + Z_m, \text{ где } C_{\text{пр}} - \text{расчетная стоимость машины (} C_{\text{пр}} = 1,07 C_m), \text{ руб.}; C_m - \text{цена машины, руб., } a - \text{норма амортизационных отчислений в \% (} a = 10-15 \text{ \%); } T_{\text{год}} - \text{число суток работы машины в году (} T_{\text{год}} = 250); C_p - \text{затраты на ТО и ремонт, приходящиеся на одну смену, руб./см. (годовые затраты определяются из расчета 1–2 \% в год от стоимости машины); } C_T - \text{затраты на топливо в расчете на смену, руб./см.; } C_c - \text{затраты на смазочные материалы в расчете на смену, руб./см., (приблизительно составляют 10 – 15 \% от затрат на топливо); } Z_m - \text{зарплата машиниста за одну смену, руб. (в расчете часовые ставки можно принять: для водителей и машинистов – 450 руб./ч).}$$

Затраты на топливо, руб./см. можно определить:

$$C_T = P_{\text{тч}} \cdot C_T \cdot t_{\text{см}},$$

где $P_{\text{тч}}$ – часовой расход топлива машины, л

C_T – цена дизельного топлива, руб./л, принимается в соответствии с действующими рыночными ценами.

Стоимость машиносмены:

$$C_{\text{мсм}} = \frac{1,07 \cdot 990000 \cdot 10}{100 \cdot 250 \cdot 8} + 9900 + 9520 + 952 + 3600 = 24024,97 \text{ руб./см.}$$

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Себестоимость единицы конечной продукции:

$$C_{\text{ед}} = \frac{1,08 \cdot 24024,97 \cdot 1 + 1,5 \cdot 3600}{2016} = 15,57 \text{руб/м}^3,$$

Дополнительно определяются показатели удельной металлоемкости $Y_{\text{м}}$, т/м³,
и удельной энергоемкости $Y_{\text{э}}$, кВт/м³, выбранного комплекта машин:

$$Y_{\text{м}} = \frac{M_{\text{к}}}{P_{\text{э}}} = \frac{30}{2016} = 0,0149 \text{ т/м}^3$$

$$Y_{\text{э}} = \frac{N_{\text{к}}}{P_{\text{э}}} = \frac{210}{2016} = 0,1042 \text{ кВт/м}^3$$

где $M_{\text{к}}$ – масса всех машин, входящих в комплект, т; $N_{\text{к}}$ – суммарная мощность двигателей всех машин, кВт, $P_{\text{э}}$ – эксплуатационная сменная производительность.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.0 Автоматизация рабочего процесса

Системы автоматического управления, применяемые на скреперах, предназначены для повышения точности планировки оснований и отсыпки грунта, повышения производительности машин и снижения утомляемости машинистов. В машинах, оборудованных системами автоматики, сохраняют ручное управление. Приборы автоматики включают на рабочем месте машиниста при окончательной планировке поверхности по заданному уровню.

Скреперы с автоматизированными системами управления применяют в строительстве объектов, требующих высокой точности уровня и уклона рабочих площадок. Производительность машины на планировочных работах повышается в 2...2,5 раза, а точность планировки поверхности достигает в пределах ± 5 см от заданного уровня.

Пример система автоматики — “Копир-Стабиоплан”. Система позволяет автоматически управлять гидроцилиндрами 3 подъема-опускания ковша для выдерживания заданного положения режущей кромки и гидроцилиндром 12 выдвижения задней стенки и подсыпки грунта в выемки планируемой поверхности.

Система включает в себя пульт управления 16; индикатор; гидрораспределители 6 и 14, включаемые электромагнитами; фото-приемное устройство (ФПУ) 4; преобразователь 15 положения ковша. Гидрораспределители 6 и 14 подключены к гидроцилиндрам 3 и 12 и получают питание от отдельного насоса дополнительно установленного в основной гидросистеме скрепера. Электрическая система, связывающая все элементы автоматического устройства, подключена к бортовой аккумуляторной батарее 18 трактора (тягача).

Система “Копир-Стабилоплан” включает также устройство для задания стабилизированного положения ковша по высоте и лазерный измеритель 1, питаемый от аккумуляторной батареи 19. Принцип работы системы можно проследить по

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

схеме на рисунке 27.

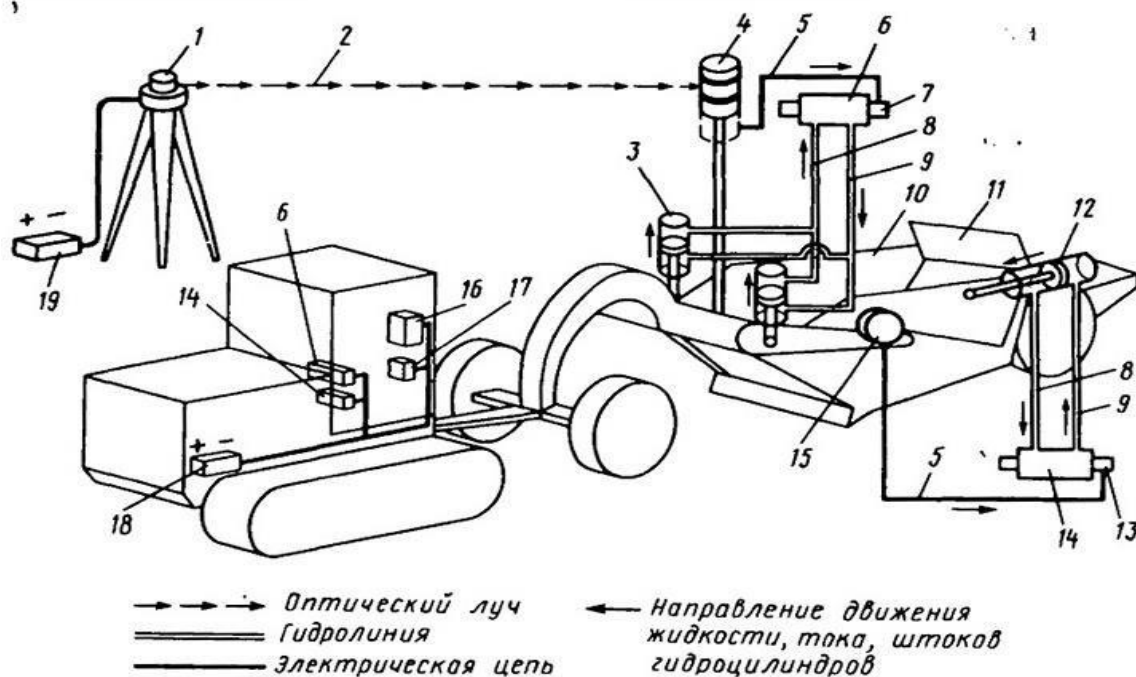


Рис. 29 Схема работы системы “Копир-Стабилоплан”:

1 - лазерный излучатель, 2 - оптический луч, 3, 12 - гидроцилиндры, 4 - фото-приемное устройство, 5 - электрическая цепь, 14 - гидрораспределители, 7, 13 - электромагниты, 8, 9 - гидрролинии, 10 - ковш, 11 - задняя стенка, 15 - преобразователь, 16 - пульт, 17 - индикатор, 18, 19 - аккумуляторные батареи

Автоматическое управление положением ковша по высоте поддерживается с помощью лазерного излучателя 1, который создает стабилизированную опорную оптическую плоскость с помощью луча 2.

Фото-приемное устройство 4, установленное на ковше, своими светочувствительными элементами все время находится в оптической плоскости излучателя, трансформирует луч на фотодиод, который преобразует его в электрический сигнал, передаваемый по цепи 5.

При смещении фото-приемного устройства по высоте в процессе движения скрепера по неровному участку светочувствительные элементы выходят из оптической плоскости вверх или вниз. Например, при опускании ФПУ (следовательно и ковша 10) на электро-магнит 7 гидрораспределителя 6 подается соответствующая команда и гидроцилиндры 3 перемещают ковш вверх до восстановления положения фото-приемного устройства относительно оптической плоскости. При подъеме ФПУ выше оптической плоскости действие происходит в обратном

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

порядке.

Таким образом, режущая кромка ножей ковша скрепера как бы копирует с известной точностью опорную оптическую плоскость на планируемой поверхности грунта.

В системе “Копир-Стабилоплан” предусмотрена возможность ручного управления положением режущей кромки ковша по оптической плоскости. В этом случае на лампочку индикатора подается сигнал о выходе ФПУ из зоны оптической плоскости вверх или вниз и машинист вручную включает гидрораспределитель управления гидроцилиндрами подъема-опускания ковша, выправляя его положение. Так как оптическая плоскость довольно значительна по радиусу действия, то на базе одного лазерного излучателя может работать отряд до десяти скреперов, оборудованных системой “Копир-Стабилоплан”.

Современными системами автоматики для точного позиционирования отвала землеройно-транспортной машины можно считать систему нивелирования “САУРО”.

Состоящая из следующих компонентов: электронной части системы (блок управления, Датчик углового положения ДУХ – 2, Датчик высотного положения Правый, Левый ДВХП(Л) –2, Предохранитель, Частотный датчик скрепления) и гидропривода (Гидроузел БГС, Фильтр высокого давления напорной магистрали, Реле давления, Тройной переходник (тройник), Кронштейн крепления и соединительные штуцеры). Данная система позволяет устанавливать нужный уклон профилирования и толщину срезаемой стружки грунта.



Рис. 30 Дисплей системы нивелирования “САУРО”

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Также для точного позиционирования отвала 3ТМ используются 3D системы нивелирования, выпускаемые различными производителями геодезического оборудования. Состоящие из компонентов: панели управления (ЖК монитора), блока управления (в корпусе блока управления объединены ГНСС приемник, контроллер управления гидравлическими клапанами, УКВ и GSM модемы для приема RTK поправок (в реальном времени). Контроллер устанавливается в кабине машины либо на специальном кронштейне, либо на магнитных держателях.), датчика лазерной зоны, датчика продольного уклона машина, датчика поворота отвала, датчика поперечного наклона отвала, джойстиков управления (джойстики позволяют машинисту оперативно и точно регулировать смещение проектных параметров по высоте и уклону в зависимости от рабочей ситуации. Если происходит зарывание отвала или вывешивание из-за недостатка материала, вы всегда можете оперативно сместить отвал до функционального положения не убирая рук с рычагов.), электромагнитных клапанов (основное назначение электромагнитного клапана – это подача необходимого давления на исполнительные органы машины с целью обеспечить их автоматическую работу. В случае, если машина имеет гидрораспределитель с электромагнитным управлением и CAN интерфейс, установка данного устройства необязательна - актуально для отечественной техники), радиоантенны (антенна предназначена для приема RTK поправок от базовой ГНСС станции, необходимых для получения сантиметровой точности позиционирования 3D системы).

При планировании небольших участков эффективность «САУРО» и 3D систем одинакова. Разница в стоимости второго устройства от первого почти в 5 раз. 3D системы актуальны при планировке большой площади сразу несколькими машинами, позволяющие контролировать их работу в режиме реального времени и вносить коррективы согласно проектным отметкам в геоинформационную модель.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7. Техника безопасности при эксплуатации скрепера

Согласно ТИ Р О-033-2003 «Типовая инструкция по охране труда для работников строительных профессий, включая машинистов скреперов» [7, с. 1-7] утверждаются типовые требования безопасности, охраны труда при работе машинистов скреперов до начала работы (проверка состояния машины), в процессе эксплуатации, после работы, а также во время аварийных ситуаций.

Общие требования безопасности к машинисту самоходной машины. Лица не моложе 18 лет, прошедшие соответствующую подготовку, имеющие профессиональные навыки, перед допуском к самостоятельной работе должны пройти:

- 1) Обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры (обследования) для признания годными к выполнению работ в порядке, установленном Минздравом России;
- 2) Обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочем месте и проверку знаний требований охраны труда.

Машинисты обязаны соблюдать требования безопасности труда для обеспечения защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов, связанных с характером работы:

1. Шум
2. Вибрация
3. Повышенное содержание в воздухе рабочей зоны пыли и вредных веществ
4. Движущиеся машины, механизмы и их части
5. Обрушающиеся горные породы

В процессе повседневной деятельности машинисты должны:

1. Применять в процессе работы машины по назначению, в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей
2. Поддерживать машину в технически исправном состоянии, не допуская работу с неисправностями, при которых эксплуатация запрещена
3. Быть внимательными во время работы и не допускать нарушений требований безопасности труда.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Машинисты обязаны немедленно извещать своего непосредственного или вышестоящего руководителя работ о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о появлении острого, профессионального заболевания (отравления).

Перед началом движения машины машинист обязан убедиться в отсутствии людей в зоне движения и подать звуковой сигнал.

При выполнении земляных работ машинист обязан:

- а) начинать разработку грунта только после удаления пней, кустарника и крупных камней
- б) глубокие выемки разрабатывать уступами
- в) не допускать движение крайнего колеса скрепера по насыпи ближе одного метра от бровки земляного полотна
- г) соблюдать дистанцию между движущимися навстречу друг другу или параллельно скреперами, интервал в обоих случаях должен быть не менее 5 м
- д) производить резание грунта только на прямолинейном участке движения
- е) осуществлять набор грунта прицепным скрепером только на первой передаче, а разгрузку - на второй-третьей передачах
- ж) периодически останавливаться и удалять камни и другие предметы, застрявшие между шинами задних спаренных колес самоходного скрепера.

Машинисту в процессе работы не разрешается:

- а) передавать управление машиной лицам, не имеющим удостоверения машиниста скрепера
- б) оставлять машину с работающим двигателем
- в) перевозить в кабине посторонних лиц
- г) выходить из кабины и входить в нее на ходу
- д) проводить разработку грунта на косогорах с поперечным уклоном св. 30°
- е) проводить разгрузку скрепера, движущегося задним ходом под откос.

При работе на косогорах запрещается:

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- а) делать резкие повороты
- б) поворачивать машину с заглубленным рабочим органом
- в) ставить машину поперек склона, угол которого превышает указанный в паспорте машины

При аварийных ситуациях обнаружив на участке при выполнении земляных работ подземные коммуникации и сооружения, а также опасные предметы, не указанные при получении задания, машинист обязан немедленно остановить работу и сообщить руководителю работ.

При неисправности скрепера машинист должен поставить машину на обочину или вне зоны производства работ и сообщить лицу, ответственному за содержание машины в исправном состоянии.

В случае потери устойчивости скрепера при перемещении грунта машинисту следует опустить ковш, включить задний ход и устранить крен машины.

При загорании скрепера машинист должен принять меры по тушению очага пожара (при помощи огнетушителя и подручными средствами: кошмой, брезентом, песком), в случае невозможности самому погасить огонь необходимо вызвать пожарную охрану и сообщить руководителю работ.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В ходе выполнения курсового проекта были изучены нормативные документы, государственные стандарты по проектированию землеройно-транспортных машин, спроектирован самоходный скрепер, были проведены проектировочные и проверочные расчеты, а также оценена технико-экономическая рентабельность машины.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованной литературы

1. ГОСТ 30035-93 Скреперы. Общие технические условия.
2. Машины для землеройных работ: Рабочие тетради для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплине «Машины для земляных работ»/ СПбГАСУ; Сост. С. В. Репин, А.В. Зазыкин. СПб., 2020.
3. Машины для земляных работ. Под ред. Гаркави И.Г. М.: Высшая школа. 1982 г.
4. Гринчар Н.Г., Шепелина П.В. Расчет и проектирование самоходных скреперов: Учебное пособие. - М.: РУТ (МИИТ), 2019. - 99 с.
5. Расчет землеройно-транспортных машин : учеб. пособие / С.А. Шемякин, А. В. Лещинский. - Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. - 75 с.
6. Типовая технологическая карта на применение средств механизации производство работ скрепером.
7. Гидропневмопривод транспортно-технологических машин : учеб. пособие / В. П. Чмиль; СПбГАСУ. – СПб., 2016 – 220 с.

		Макаров			КР 32.27.00.000 ПЗ	Лист
		Репин С.В.				63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		