

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный  
университет

Автомобильно-дорожный факультет  
Кафедра наземных транспортно-технологических машин

Курсовой проект по теме «Машины для земляных работ»  
Бульдозер с поворотным отвалом

Работу выполнил студент  
гр. 2-НТТС-4  
Зайлер Е.А.

Преподаватель  
д.т.н., профессор  
Репин С.В.

Санкт-Петербург  
2019

## Содержание

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Состояние вопроса .....                                                     | 3  |
| 1. Требования к машине (по ГОСТ) .....                                      | 5  |
| 2. Выбор и обоснование типа рабочего оборудования .....                     | 13 |
| 3. Описание схемы рабочего оборудования. ....                               | 19 |
| 4. Технология производства работ. ....                                      | 21 |
| 5. Расчетная часть .....                                                    | 29 |
| 5.1 Определение параметров рабочего оборудования и мощности двигателя ..... | 29 |
| 5.2. Выбор базовой машины .....                                             | 30 |
| 5.3 Расчет устойчивости .....                                               | 31 |
| 5.4 Определение сопротивлений при работе машины .....                       | 35 |
| 5.5 Определение нагрузок на рабочее оборудование .....                      | 38 |
| 5.6 Прочностной расчет .....                                                | 40 |
| 5.7 Расчет привода рабочего оборудования .....                              | 47 |
| 5. Технико-экономический расчет                                             | 51 |

|           |            |          |         |      |                                   |                  |      |
|-----------|------------|----------|---------|------|-----------------------------------|------------------|------|
|           |            |          |         |      | КП 32.02.00.000 ПЗ                |                  |      |
| Изм.      | Лист       | № докум. | Подпись | Дата |                                   |                  |      |
| Разраб.   | Зайлер ЕА. |          |         |      | Бульдозер с поворотным<br>отвалом | Лит.             | Лист |
| Провер.   | Репин С.В. |          |         |      |                                   |                  | 2    |
| Реценз.   |            |          |         |      |                                   |                  | 61   |
| Н. Контр. |            |          |         |      |                                   | СПДГАСУ 2-НТТС-4 |      |
| Утверд.   |            |          |         |      |                                   |                  |      |

## Состояние вопроса

**Бульдозер** – самоходная землеройная машина, представляющая собой гусеничный или колёсный трактор, тягач и т.п. с навесным рабочим органом – криволинейным в сечении отвалом (щитом), расположенным вне базы ходовой части машины. Служит для послойного копания, планировки и перемещения (на расстояние 60–300 м) грунтов, полезных ископаемых, дорожно-строительных и др. материалов при строительстве и ремонте дорог, каналов, гидротехнических и т.п. сооружений

## История развития

Слово «бульдозер» появилось в конце XIX века — оно относилось к любой силе, способной сдвинуть большую массу.

В 1929 году появился именно первый бульдозер – огромная и шумная машина. Они были сделаны на базе тракторов путём монтажа спереди металлической пластины, в отличие от бульдозера тракторные машины появились ещё раньше аж в XIX веке и были паровыми. Так, ещё в 1850 году английский изобретатель Уильям Говард использовал для пахоты локомобиль. Во второй половине XIX века на полях Великобритании работало уже около двух тысяч таких машин. Первый гусеничный трактор был построен в России уроженцем села Никольское Вольского уезда Саратовской губернии крестьянином Фёдором Абрамовичем Блиновым, в 1879 году он получил патент («привилегию») на «вагон с бесконечными рельсами для перевозки грузов по шоссейным и проселочным дорогам». Это устройство приводилось в действие паровой машиной в 20 лошадиных сил. Однако этот трактор так и не стал востребованным ни в промышленности, ни в сельском хозяйстве и дальше прототипа тракторов в России дело не пошло.

В 1896 году американскими инженерами Хартом и Парром был создан первый трактор с двигателем внутреннего сгорания. С 1901 года такие тракторы поступили в продажу. Первоначально фермеры охотно их раскупали, однако скоро новые машины стали вызывать нарекания: они были очень тяжелы и поэтому слишком сильно утрамбовывали почву. К тому же для средней фермы они были слишком велики. Страдали тракторы и «детскими болезнями»: часто ломались, а ремонт был долг и дорог. Однако в 1907 году в продаже появилась новая модель трактора, лишённая недостатков своего предшественника. К тому времени в Америке стала создаваться система ремонтных мастерских для тракторов.

В 1912 году фирма «Холт-Парр» начала выпуск гусеничных тракторов.

Первый советский трактор «Коммунар».

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 3    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

В России оценило важность тракторов для страны только Советское правительство после 1917 года, выделив деньги на постройку тракторов в трудные для страны годы интервенции. Начиная с 1918 г. по указанию В.И. Ленина осуществляется подготовка производства для выпуска тракторов. В 1919 г. изобретатель Я.В. Мамин создал трактор «Гном» с нефтяным двигателем мощностью 11,8 кВт. Производство тракторов было настолько важным, что был издан Декрет Совета Народных Комиссаров от 1 апреля 1921 г. о признании сельскохозяйственного машиностроения делом чрезвычайной государственной важности. В 1922 г. начинают выпускаться тракторы «Коломенец 1» конструкции Е.Д. Львова. В 1922–1923 годах создается трактор «Запорожец» под руководством инженера Л.А. Унгера. В 1924 году начал выпускаться трактор «Коммунар» на Харьковском паровозостроительном заводе. В 1924 г. также налаживается производство тракторов «Карлик» конструкции Я.В. Мамина с двигателем мощностью 8,8 кВт (12 л. с), в двух вариантах: трактор «Карлик 1» (трехколесный, с одной передачей вперед, со скоростью движения 3...4 км/ч) и «Карлик 2» (четырёхколесный, с одной передачей и реверсом). С 1924 по 1932 г. Ленинградский завод «Красный путиловец» освоил и выпустил около 50 тыс. тракторов «Фордзон-Путиловец», а затем с 1934 г. на этом заводе стал выпускаться трактор «Универсал» с керосиновым двигателем и металлическими колесами. «Универсал» был первым отечественным трактором, экспортируемым за границу.

«Гном», «Коломенец 1», «Карлик», «Запорожец», «Коммунар» – первые советские трактора. Первые трактора выпускались относительно небольшими партиями, но благодаря им они многому научили, воспитали первые кадры тракторостроителей и по праву вошли в историю отечественного тракторостроения. Дальнейшее развитие страны требовало строительства крупных специализированных тракторных заводов. Были построены: Сталинградский тракторный завод в 1930 г. (выпускал тракторы СТЗ 15/30), Харьковский тракторный завод в 1931 г. (выпускал тракторы ХТЗ, подобные тракторам СТЗ), Челябинский тракторный завод в 1933 г. (выпускал гусеничные тракторы С 60). За десять предвоенных лет отечественная промышленность произвела для сельского хозяйства порядка 700 тыс. тракторов. Общий выпуск отечественных тракторов составил 40% их мирового производства. Благодаря этим успехам планового развития экономики – отсталое, раздробленное сельское хозяйство дореволюционной России превратилось в крупное механизированное. В настоящее время, лидерами на мировом рынке производства бульдозеров являются компании Caterpillar, Komatsu, Liebherr, John Deere, Dressta и ЧЕТРА (Промтрактор), ЧТЗ-Уралтрак.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 4    |

## Характеристики бульдозеров

длина отвала — до 5,550мм

масса отвала — до 10т

размеры отвала: ширина — до 6100 мм, высота — до 2200мм

высота с козырьком — 2300мм

подъем отвала — 1780мм

заглубление отвала — 800мм

расстояние перемещения породы — до 200 м

мощность двигателя — до 386кВт

масса — до 58т

### 1. Требования к машине (по ГОСТ)

#### 1. Общие требования

- Машины должны быть окрашены в контрастный цвет по сравнению с фоном окружающей среды. Цвет окраски машины определяет изготовитель машин.

- Элементы конструкции машин, которые могут представлять опасность при работе, обслуживании или транспортировании, должны иметь сигнальную окраску. Сигнальные цвета и знаки безопасности должны соответствовать пункту 2.3 настоящего приложения.

- На машинах, работа которых без принятия специальных мер безопасности может привести к возникновению аварийной ситуации или представлять опасность для работающих, должны быть нанесены необходимые предупредительные надписи.

- Машины должны быть снабжены устройствами безопасности и блокировки, предохраняющими их от перегрузок и исключаящими несовместимое одновременное движение механизмов. В качестве таких устройств могут быть использованы муфты предельного момента, конечные выключатели, ограничители грузоподъемности и т.п.

- Конструкция машин должна исключать самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей, а также исключать перемещение подвижных частей за пределы, предусмотренные конструкцией, если это может повлечь за собой создание опасной ситуации.

- Конструкция противовесов машин должна исключать возможность их смещения и падения.

- Сборочные единицы и детали машин, которые могут самопроизвольно перемещаться при погрузке, транспортировании и выгрузке, должны иметь средства фиксации или быть легкоъемными.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 5    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

- Каждая машина должна быть укомплектована эксплуатационной документацией, содержащей требования (правила), предотвращающие возникновение опасных ситуаций при транспортировании, монтаже (демонтаже) и эксплуатации.

## **2. Требования к силовым установкам, рабочим органам, пневмо- и гидроприводам**

- Запуск двигателя должен осуществляться непосредственно с рабочего места и кабины оператора. Допускается осуществление запуска вне кабины при наличии устройств, выключающих трансмиссию и исключающих обратный ход вращаемых элементов.
- Машины должны быть оборудованы устройством, исключающим запуск двигателя при включенной передаче.
- Двигатели должны быть оборудованы устройством для экстренной остановки при аварийной ситуации.
- Доступ посторонних лиц к силовым агрегатам машин должен быть защищен одним из следующих устройств:
- Устройством, которое может быть открыто только с помощью инструмента или ключа;
- Устройством отпирания изнутри кабины оператора.
- 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 выпускной системы прорыв газов и искр не допускается.
- В приводах рабочих органов должно быть предусмотрено устройство, позволяющее отключать рабочие органы от двигателя. Конструкция устройства должна исключать возможность самопроизвольного включения и выключения.
- В машинах, при работе которых возникает опасность выброса обрабатываемого материала, рабочие органы или рабочая зона должны быть закрыты специальными защитными устройствами (кожухами).
- Гидроприводы и другие гидравлические устройства машин должны соответствовать пункту 3.1 настоящего Приложения.
- Детали и сборочные единицы пневмо- и гидросистем следует располагать в местах, исключающих возможность их механического повреждения, или ограждать в необходимых случаях специальными защитными устройствами.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 6    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

- Конструкция пневмо- и гидросистем и рабочих органов должна обеспечивать безопасность обслуживающего персонала в случае их повреждения.

### **3. Требования к органам управления**

- Расстояние от рукояток рычагов управления (во всех положениях) до элементов рабочего места и между рукоятками рычагов, приводимых в движение кистью, должно быть не менее 50 мм; для приводимых в движение пальцами - не менее 25 мм. Минимальная длина свободной части рычага вместе с рукояткой в любом положении должна быть не менее 50 мм, если он приводится в движение пальцами, и не менее 100 мм, если он приводится в движение кистью.
- Размеры, форма и угол наклона опорной поверхности педали должны обеспечивать устойчивое положение ноги оператора. Угол разворота от продольной оси сиденья опорных площадок педалей, приводимых в действие стопой ноги, не должен превышать 15°. Педали должны иметь поверхность, которая препятствует скольжению и легко очищается.
- Ширина педали должна быть, мм, не менее:
  - 40, если усилие нажатия на педаль не более 60 Н;
  - 60, если усилие нажатия на педаль более 60 Н.
- Просвет между расположенными рядом педалями должен быть, мм, не менее:
  - 20, если усилие нажатия на педаль не более 60 Н;
  - 50, если усилие нажатия на педаль более 60 Н.
- Усилия на органах управления должны быть:
  - На органах управления рабочим оборудованием, используемым в каждом рабочем цикле, не более: 60 Н - для рычагов, маховиков управления и штурвалов, 120 Н - для педалей;
  - На органах управления, используемых не более пяти раз в смену, не более 200 Н для рычагов, маховиков управления и штурвалов, 300 Н - для педалей;
  - На маховиках ручного привода арматуры трубопроводов в момент запираения запорного органа (или страгивания при открытии) - не более 450 Н.
- Органы управления должны возвращаться в нейтральное положение сразу после прекращения оператором воздействия на них, если только управление машиной или ее рабочим оборудованием не требует иного.
- Органы управления, воздействие на которые одновременно или не в установленной последовательности может приводить к аварийной ситуации или повреждению машины, должны взаимно блокироваться.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 7    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

Блокировка не должна распространяться на органы управления, служащие для остановки машины или любого элемента оборудования.

- Конструкция органов управления должна исключать их самопроизвольное включение.
- Элементы органов управления, с которыми соприкасаются руки оператора или обслуживающего персонала, следует изготавливать из материала с теплопроводностью не более 0,2 Вт/(м · К), или они должны иметь покрытие из такого материала толщиной не менее 0,5 мм.

#### **4. Требования к рабочему месту оператора, кабине и ее оборудованию**

- Постоянное рабочее место оператора самоходных машин должно быть оборудовано сиденьем со спинкой.
- Сиденье должно иметь размеры, мм, не менее:  
400 - ширина;  
380 - глубина;  
350 - высота передней кромки подушки сиденья от пола.
- Покрывтия подушек сидений следует изготавливать из умягченного воздухопроницаемого нетоксичного материала.
- Конструкция сиденья должна обеспечивать регулировку в продольном и вертикальном направлениях, а также изменение угла наклона спинки.
- Для машин с реверсивным постом управления должен обеспечиваться поворот сиденья на 180° с фиксацией его в рабочих положениях.
- 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.
- Панель контрольных приборов следует располагать в месте, удобном для наблюдения с рабочего места оператора. При отсутствии кабины панель контрольных приборов должна закрываться съемным (откидным) щитком, снабженным запорным устройством, препятствующим доступ к ним посторонних лиц на неохраняемой стоянке.
- Пол в передней части рабочей площадки (кабины), если на машине не предусмотрены педали управления, должен иметь наклонные упоры или опорные площадки для ног под углом 25° - 40°. Размеры их должны обеспечивать устойчивое положение ноги оператора.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 8    |

- Двери кабин машин должны иметь замки, запирающиеся на ключ, и фиксатор для удержания их в крайнем открытом положении. Допускается устанавливать замок на одной двери при наличии на другой двери внутреннего запора.
- Аварийные люки (при их наличии) должны иметь внутренние запоры и открываться без помощи инструмента.
- Кабины должны иметь световые проемы не менее чем с трех сторон. Для остекления кабины должно применяться стекло соответствующее Правилам ЕЭК ООН № 43.
- Открывающиеся окна должны фиксироваться в нужном положении.
- Во время работы открытые окна и двери не должны выступать за габариты машины.
- У переднего стекла кабин должен быть солнцезащитный щиток и стеклоочиститель с автономным приводом.
- Видимость через переднее стекло должна быть обеспечена во всем диапазоне рабочих температур.
- Кабины машин должны быть оборудованы зеркалом заднего вида.
- Кабины машин должны быть оборудованы плафонами внутреннего освещения с автономным включением. Освещенность на уровне пульта управления и панели приборов от внутреннего освещения кабины должна быть не менее 5 лк.
- 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.

### ***5. Требования к электрооборудованию, освещению и сигнализации***

- Электропроводка в местах перехода через острые углы и кромки деталей, а также шарнирные соединения должна иметь дополнительную изоляцию от механических повреждений.
- Монтаж и крепление электропроводки должны исключать возможность повреждения ее изоляции.
- Система электрооборудования должна иметь устройство для отключения аккумуляторной батареи.
- При использовании машины в технологическом режиме установленные на ней внешние световые приборы должны обеспечивать освещенность рабочих органов и рабочей зоны на расстоянии 20 м.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | 9    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

- Самоходные колесные машины, передвигающиеся по дорогам общего пользования со скоростью 20 км/ч и более и имеющие ширину более 2,55 м, а также машины, предназначенные для выполнения работ на проезжей части автодорог, должны быть оборудованы специальными световыми сигналами (проблесковыми маячками) желтого или оранжевого цвета. Количество и расположение проблесковых маячков должны обеспечивать их видимость на угол 360° в горизонтальной плоскости, проходящей через центр источника излучения света.
- На самоходных машинах должна быть установлена звуковая сигнализация, включаемая с рабочего места оператора.

## **6. Пожарная безопасность**

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

## **7. Требования к охране труда и эргономике**

- Органы управления и системы специализированных кузовов должны соответствовать требованиям пункта 3.2 настоящего Приложения.
- Органы управления, воздействие на которые одновременно или не в установленной очередности может приводить к аварийной ситуации или повреждению оборудования, должны взаимно блокироваться. Блокировка не должна распространяться на органы управления, служащие для остановки оборудования или любого его элемента.
- Конструкция органа управления должна исключать возможность его перемещения из установленного положения вследствие вибрации машины.
- Органы управления элементами конструкций прерывного действия после прекращения воздействия на них должны вернуться в нейтральное положение в течение не более 1 с. Если резкая остановка может привести к аварийной ситуации или повреждению машины, то это значение может быть повышено до 2 с.
- Органы управления и контрольно-сигнальные устройства специализированных кузовов должны располагаться отдельно от

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 10   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

органов управления и контрольно-сигнальных устройств для управления непосредственно автомобилем.

- Аварийные органы управления должны быть без зрительного контроля различимыми от других органов управления.
- Для обозначения режимов работы механизмов, которые могут создавать опасность для находящихся вблизи людей, должны применяться предупреждающие или аварийные световые и (или) акустические сигналы.
- Приборы освещения должны быть расположены так, чтобы они даже при наиболее неблагоприятных условиях не ослепляли оператора оборудования, причем отраженный свет не должен препятствовать наблюдению за работой оборудования с рабочего места оператора.
- Ограждение в любой точке должно выдерживать сосредоточенное усилие 1000 Н, направленное к источнику опасности. Безопасное расстояние от источника опасности, даже при упругой деформации ограждения, должно быть соблюдено. Усилие такой же величины, но противоположного направления не должно вызывать пластической деформации ограждения.
- Если требуется привод механизмов при движении автомобиля, то органы управления должны быть расположены в кабине водителя, причем они должны быть вне зоны действия, связанной с управлением непосредственно автомобилем.
- Если привод механизмов осуществляется на неподвижном автомобиле, то пост управления должен быть расположен так, чтобы оператор видел всю рабочую площадку.
- Максимально допустимый уровень шума на посту управления не должен превышать 85 дБА.
- Гидравлический привод должен иметь масляный бак (бак гидравлической жидкости), оснащенный заправочным отверстием с фильтром, клапаном, выравнивающим давление воздуха, указателем уровня, магнитным фильтром.
- Баки, в которых при работе может возникать избыточное давление, превышающее 0,07 МПа, должны оснащаться предохранительным клапаном, а также устройством, исключающим возможность открывания заправочного или очистительного отверстий бака при наличии в нем избыточного давления. Давление в баке должно быть указано вблизи заправочного отверстия.
- Предохранительные клапаны и выходные патрубки пневмосистемы должны быть расположены так, чтобы выходящий из них воздух ни прямо, ни отраженно не был направлен на оператора.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 11   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

Предохранительные устройства не должны замерзать при низкой температуре. Допускается применение только автоматического размораживающего устройства.

- Воздушные баллоны и узлы пневмосистемы должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к сосудам, работающим под давлением.
- Использование пневмосистемы тормозов автомобиля для привода вспомогательного оборудования допускается только в том случае, если обеспечено, чтобы при любом режиме работы вспомогательного оборудования сохранялось такое давление и количество воздуха в пневмосистеме тормозов, которое достаточно для торможения автомобиля с эффективностью аварийного торможения.
- Гидроцилиндры одностороннего действия, в которых перемещение вверх осуществляется за счет давления в системе, а перемещение вниз - под действием массы поднятого элемента, должны иметь регулировочный клапан, который при любом режиме обеспечивает скорость опускания любой точки поднятого элемента, не превышающую 0,3 м/с. Для предотвращения критических случаев должен устанавливаться автоматический клапан, препятствующий самопроизвольному вытеканию жидкости из гидроцилиндра.
- Гидроцилиндры двустороннего действия должны применяться в случае, если фиксация положения обеспечивается в обоих направлениях.

У пневматического оборудования необходимо применять только механическую фиксацию положения.

### ***1. Требования к цветам сигнальным, знакам безопасности и разметке сигнальной***

- Сигнальные цвета, знаки безопасности и сигнальная разметка применяется для обеспечения однозначного понимания определенных требований, касающихся безопасности, сохранения жизни и здоровья людей, снижения материального ущерба, без применения слов или с их минимальным количеством.
- Для предотвращения опасных ситуаций необходимо:
  - Обозначать виды опасности, опасные места и возможные опасные ситуации сигнальными цветами, знаками безопасности и сигнальной разметкой;

Обозначать с помощью знаков безопасности места размещения средств личной безопасности и средств, способствующих сокращению возможного материального ущерба в случаях возникновения пожара, аварий или других чрезвычайных ситуаций.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | 12   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

- Окрашивание узлов и элементов оборудования, машин, механизмов и т.п. лакокрасочными материалами сигнальных цветов и нанесение на них сигнальной разметки должен проводить их изготовитель. В случае необходимости дополнительное окрашивание и нанесение сигнальной разметки на оборудование, машины, механизмы и т.п., находящиеся в эксплуатации, проводит организация, эксплуатирующая это оборудование, машины, механизмы. Размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах должен проводить изготовитель. При необходимости, дополнительное размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах, находящихся в эксплуатации, проводит эксплуатирующая их организация.
- 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.

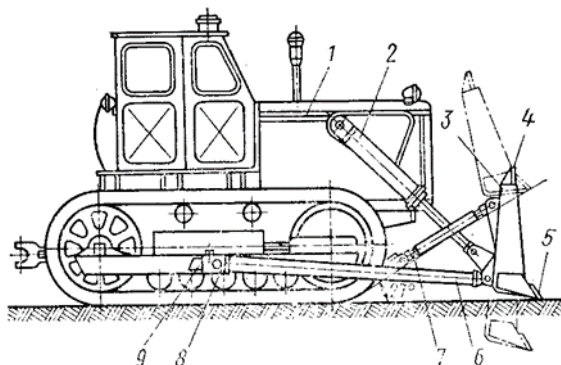
## 2. Выбор и обоснование типа рабочего оборудования.

Бульдозер представляет собой базовый тягач, оснащенный ножевым навесным рабочим оборудованием, в которое входит отвал 3 с ножами 5, толкающие брусья 6, подкосы 7 и гидроцилиндры 2 (рис. 8.2). Отвал изготавливают в виде коробчатой сварной конструкции с накладками жесткости, приваренными к тыльной стороне. Толкающие коробчатые брусья 6 передними концами шарнирно соединяют с проушинами тыльной стороны отвала, а задними — с упряжными шарнирами 5, плиты которых приварены к балкам гусеничных тележек трактора. Подкосы соединяют верхнюю часть отвала с проушинами толкающих брусьев; перестановкой подкосов можно изменять угол резания в пределах 45—60°. Вследствие трудоемкости операций по перестановке подкосов их заменяют гидроцилиндрами.

Бульдозерным оборудованием иногда оснащают другие землеройно-транспортные машины (автогрейдеры, экскаваторы, погрузчики), у которых это оборудование является вспомогательным. Бульдозеры могут разрабатывать талые и мерзлые предварительно взрыхленные грунты. В качестве базовых машин для бульдозеров чаще всего используют гусеничные тракторы мощностью от 55 до 650 кВт, реже — колесные тракторы или тягачи мощностью 75—1200 кВт.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 13   |

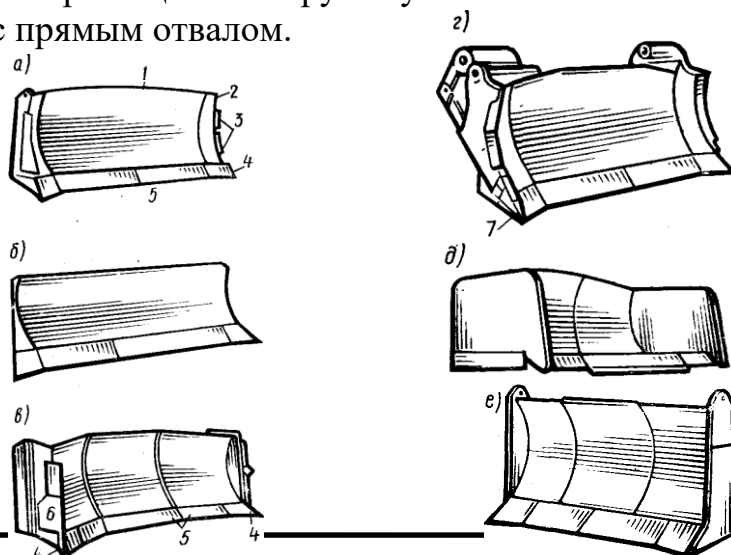
Для выполнения подготовительных работ на раму бульдозера навешивают дополнительные виды рабочего оборудования: кусторезы, корчеватели, собиратели и др. Бульдозеры нередко выпускают в комплекте с рыхлителями и канавокопателями, навешиваемыми сзади машины.



Конструктивная схема бульдозера с неповоротным отвалом

Бульдозер послойно срезает грунт и одновременно перемещает его волоком по поверхности земли к месту укладки. Бульдозеры применяют для возведения насыпей из грунтов боковых резервов, разработки выемок, грубого планирования поверхностей земляных сооружений, для засыпки рвов, траншей, обваловки сооружений, а также для подготовительных работ—валки, отдельных деревьев, срезки кустарника, корчевания отдельных пней и камней. Бульдозеры используют также для распределения грунтовых отвалов при работе экскаваторов и землевозов, образования штабелей сыпучих материалов (песка, щебня) и их подачи к перерабатывающим агрегатам, для снегоочистки, формирования террас на склонах, производства вскрышных работ в карьерах.

Сферический отвал применяют для разработки мягких и средней крепости грунтов. Изогнутая в плане форма отвала предусмотрена для косого резания грунтов, при котором уменьшается сопротивление резанию и можно увеличить на 10—12 % длину отвала. За счет выступающих вперед концов отвала объем перемещаемого грунта увеличивается на 20—25% по сравнению с прямым отвалом.



|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

## Формы отвалов бульдозера:

- а—прямой; б—универсальный; в—сферический; г—с боковыми рыхлящими зубьями;  
д—совковый для уборки; е—копоткий толкающий; 7—лобовой лист вместе с козырьком;  
2 — боковые щитки; 3 — боковые ножи; 4 — угловые ножи; 5 — средние ножи; 6 — открылки;  
7 — выдвижные зубья

*Отвал с рыхлящими боковыми зубьями* используют для разработки крепких каменистых грунтов бульдозерами большой мощности. Зубья выдвигаются гидроцилиндрами ниже ножей на 20—30 см.

*Совковый отвал* имеет боковые щитки, снижающие потери грунта при перемещении и выступающую вперед часть ножа для лучшего врезания в грунт. Применяют его для разработки малосвязных грунтов в случае перемещении их на большие расстояния.

*Короткие прямые отвалы* снабжают амортизаторами, предназначают для бульдозеров-толкателей, толкающих при работе землеройно-транспортные машины для получения большего тягового усилия. Толкающие брусья таких отвалов устанавливают с внутренней стороны гусеничных тележек.

Кроме указанных типов отвалов внедряют в производство дополнительные виды сменного рабочего оборудования для отделки откосов насыпей, рыхления грунта, удаления кустарника и др. Использование их значительно повышает универсальность бульдозеров.

Рабочий процесс бульдозера состоит из операций копания, перемещения и разравнивания грунта. При копании режущая часть отвала заглубляется в грунт и бульдозер одновременно движется вперед. Вырезаемый из забоя грунт накапливается перед отвалом, формируя призму грунта, которую называют призмой волочения. После этого отвал выглубляют и бульдозер перемещает грунт к месту укладки. Далее бульдозер разравнивает призму грунта несколько приподнятым предварительно отвалом. Разравнивать грунт можно передним и задним ходом машины. При транспортировании грунта часть его теряется. Потери, зависящие от дальности перемещения, могут достигать до 30% и более от объема призмы волочения.

В зависимости от условий работы, мощности и типа тягача гусеничные бульдозеры работают на скоростях 2,4—6,0 км/ч, на колесных тягачах — 3,5—8,0, а перемещают грунты соответственно на скоростях 4—8 и 6—12 км/ч (холостой ход — 10—12 и 20—25 км/ч).

Бульдозеры принято классифицировать по следующим признакам: мощности двигателя или тяговому усилию, типу ходового оборудования, способу установки отвала, типу привода или управления рабочим органом.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 15   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

## Классификация бульдозеров по номинальному тяговому усилию (ГОСТ 7410—70) и мощности двигателей

| Типы бульдозеров | Тяговое усилие, кН | Мощность, кВт |
|------------------|--------------------|---------------|
| Малогабаритные   | Не менее 30        | < 20          |
| Легкие           | 30-40              | 20-50         |
| Средние          | 140-200            | >50-100       |
| Тяжелые          | 200-300            | >100-200      |
| Сверхтяжелые     | > 300              | >200          |

Тяжелые и сверхтяжелые бульдозеры применяют для выполнения земляных работ больших объемов, а также в районах со сложными климатическими и грунтовыми условиями; легкие и средние—для работ в транспортном, жилищном и сельскохозяйственном строительстве.

По типу ходового оборудования бульдозеры подразделяют на гусеничные и пневмокошесные. В первом случае базовыми машинами являются гусеничные тракторы, а во втором — пневмокошесные тягачи и кошесные тракторы. Бульдозеры на гусеничном ходу имеют высокую проходимость, при этом типе хода тяговое усилие при одной и той же мощности большее, чем у пневмокошесных. Пневмокошесные более маневренны и быстроходны, их ходовая часть в эксплуатационных условиях более долговечна. По способу установки отвала бульдозеры разделяют на машины с неповоротными и поворотными отвалами и универсальные. К первым относят бульдозеры, у которых в процессе работы изменяется только угол резания, остальные же установочные углы остаются постоянными.

### Углы установки отвала бульдозера

| Типы бульдозеров       | Углы установки отвала, град. |                    |                  |
|------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|
|                        | Захвата $\lambda$            | Зарезания $\theta$ | Резания $\alpha$ |
| С неповоротным отвалом | 90                           | 0                  | 50-60            |
| С поворотным отвалом   | 60-90                        | 0                  | 50-60            |
| Универсальный          | 60-90                        | 3-8                | 50-60            |

По типу привода или управления работой рабочего органа различают машины с канатно-блочным и гидравлическим управлением. У первых работой отвалов управляют с помощью однобарабанных фрикционных нереверсивных лебедок с канатно-блочными системами, приводимыми в действие от валов отбора мощности трактора, у вторых — одним или двумя гидроцилиндрами.

Для заглубления в грунт рабочее оборудование должно иметь достаточную массу. У бульдозеров с гидравлическим управлением отвал

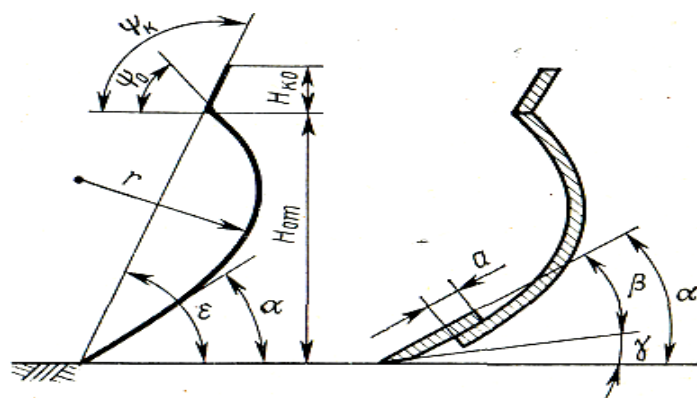
|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 16   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

заглубляется в грунт принудительно, под действием усилий, развиваемых гидроцилиндрами. Это позволяет снизить массу отвала, облегчить условия работы машины, уменьшить затраты времени на набор грунта и повысить производительность машины. Большинство бульдозеров, выпущенных в последние годы, имеет гидравлическое управление.

Основным рабочим органом бульдозера является отвал. Производительность и потребная величина тягового усилия зависят от выбора параметров отвала. Геометрическими параметрами отвалов являются показанные на рисунке угол резания  $\alpha$ , угол наклона отвала  $\epsilon$ , угол опрокидывания  $\psi_0$ , угол установки козырька  $\psi_k$ , задний угол  $\gamma$ , высота отвала  $H_{от}$ , высота козырька  $H_k$ , радиус кривизны отвала  $r$ , ширина отвала  $B_{от}$ , длина прямой части отвальной поверхности  $a$ .

### Параметры отвалов

| Параметры                                          | Отвал        |                               |
|----------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|
|                                                    | неповоротный | Поворотный<br>(универсальный) |
| Угол резания $\alpha$ , град.                      | 50-60        | 50-60                         |
| Угол наклона отвала $\epsilon$ , град.             | 75           | 75                            |
| Угол опрокидывания $\psi_0$ , град.                | 70-75        | 60-75                         |
| Угол установки козырька $\psi_k$ , град.           | 90-100       | 90-100                        |
| Задний угол $\gamma$ , град.                       | 10-15        | 10-15                         |
| Радиус цилиндрической поверхности отвала $r$ , мм. | —            | (0,8-0,9)                     |



*Примечание.* Длина плоской части отвала должна быть равна ширине ножей.

От угла наклона отвала  $\epsilon$  в значительной степени зависит форма призмы волочения. При малом угле наклона грунт может пересыпаться через отвал, при большом—ухудшаются условия подъема грунта вверх по отвалу, увеличивается прилипание и энергоемкость его разработки.

Угол резания  $\alpha$ , угол заострения  $\beta$  и задний угол  $\gamma$  связаны между собой зависимостью  $\alpha = \beta + \gamma$ , что необходимо учитывать при назначении этих углов и пределов их изменения.

Угол резания  $\alpha$  оказывает большое влияние на энергоемкость процесса резания—при его уменьшении значительно снижается сила сопротивления резанию. Угол заострения  $\beta$  в значительной степени определяет характер изменения удельного давления ножа на грунт по мере износа его режущей кромки. При малом значении этого угла быстро затупляется режущая кромка ножа.

От заднего угла  $\gamma$  сильно зависит конструкция тыльной стороны отвала, элементы которой (в частности, коробка жесткости) не должны касаться поверхности разрабатываемого грунта. Величина угла  $\psi_0$  должна быть такой, чтобы грунт не пересыпался через отвал, что может происходить при завышенном угле.

Радиус кривизны  $r$  криволинейной поверхности должен обеспечивать переваливание грунта перед отвалом, чтобы исключить потери грунта через отвал и снизить энергоемкость разработки грунта. Козырек, характеризуемый высотой  $H_k$  и углом его установки  $\psi_k$ , предохраняет от пересыпания сухих и сыпучих грунтов через отвал.

Ширину неповоротного отвала выбирают в 2,8—3,0 раза больше его высоты. Ширина поворотного отвала на 30—35% больше неповоротного. Вместе с тем ширина отвала должна превышать ширину базовой машины не менее чем на 100 мм для обеспечения возможности ее движения в траншее.

Силы для преодоления сопротивления копанию грунта следует определять для наиболее тяжелых условий работы бульдозера, когда он при копании и перемещении грунта движется на подъем и призма волочения грунта достигает максимальной величины (рис. 8.7). При этом необходимое тяговое усилие расходуется на преодоление следующих сопротивлений: грунта резанию, перемещению призмы волочения, трения ножа отвала о грунт, а также при движении его по отвалу.

### 3. Описание схемы рабочего оборудования.

Перемещение рабочего оборудования отвала бульдозера и зуба рыхлителя производится при помощи гидропривода.

Принципиальная гидравлическая схема:

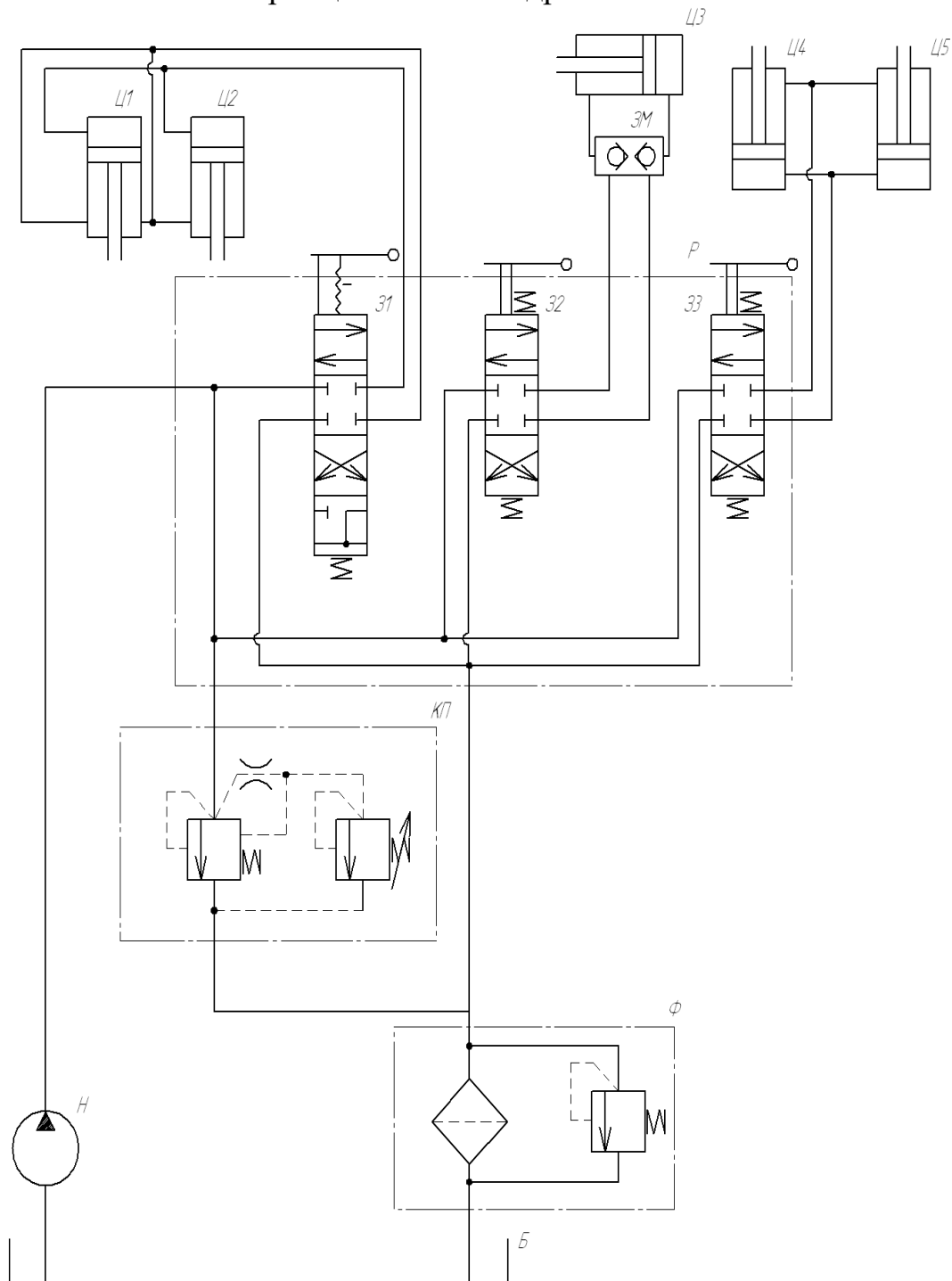


Схема включает в себя гидробак Б с рабочей жидкостью, насос Н, трехзолотниковый распределитель Р, гидроцилиндры Ц1 и Ц2 подъема и опускания отвала, гидроцилиндр Ц3 переноса отвала с гидрозамком ЗМ, гидроцилиндры Ц4 и Ц5 подъема и опускания зуба рыхлителя.

В корпусе распределителя Р имеется предохранительный клапан КП для ограничения максимального давления создаваемого насосом. Золотник 31 четырехпозиционный служит для управления цилиндрами Ц1 и Ц2, трехпозиционные 32 – цилиндром Ц3 и 33 – цилиндрами Ц4 и Ц5. Четвертая позиция 31 позволяет работать отвалом бульдозера в плавающем положении при ведении планировочных работ.

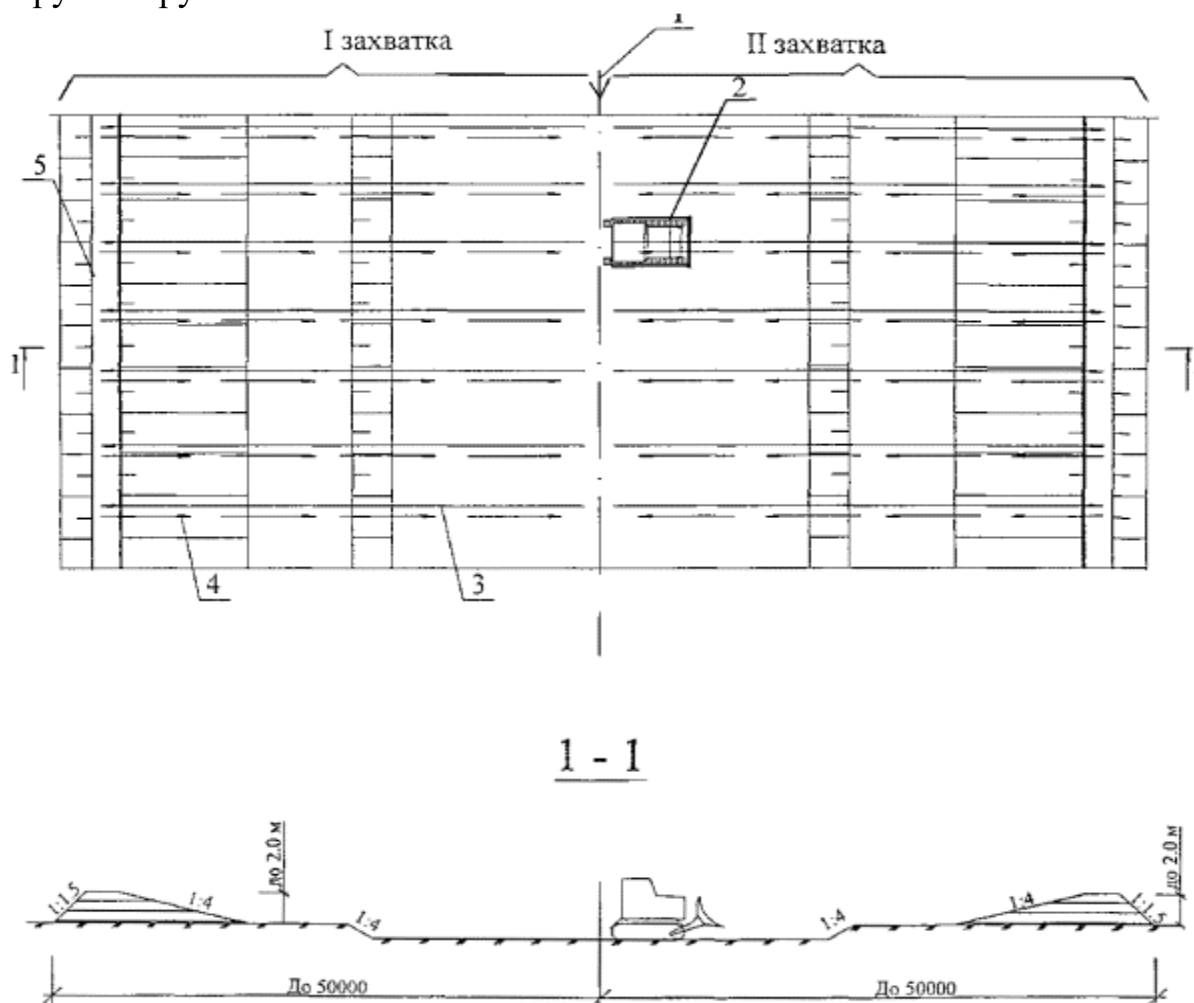
Гидрозамок 3М удерживает в заданном положении перекоп отвала при нейтральной позиции золотника 32, предотвращая перетечки рабочей жидкости.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 20   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

#### 4. Технология производства работ.

Различают три основные схемы разработки и перемещения грунта бульдозерами: прямую, боковую и ступенчатую.

Прямую схему применяют при рытье траншей и выемок, ширина которых незначительно превышает ширину отвала бульдозера; при устройстве въездов, когда допускается отсыпка грунта в одно место. Работая по этой схеме, бульдозер при разработке и перемещении грунта передвигается по прямой линии, совершая возвратно-поступательное движение без поворотов. Эту схему движения бульдозеров нередко называют маятниковой. При движении вперед бульдозер срезает грунт на определенном участке пути, а затем транспортирует его к месту отвала (рабочий ход). Затем он возвращается к месту начала резания грунта, перемещаясь задним ходом (холостой ход). Число рабочих и холостых ходов бульдозера зависит от проектной глубины выемки и толщины срезаемой при одном проходе стружки грунта.



1 - ось котлована; 2 - бульдозер; 3 - рабочий ход бульдозера; 4 - холостой ход бульдозера; 5 - место складирования грунта.

Боковую схему работы бульдозера применяют при перемещении ранее разработанного грунта из отвалов или сыпучих материалов (песка, гравия и др.) из бункеров, при разработке легких грунтов, срезаемых толстыми слоями, а также при работе на косогорах.

При этом разрабатываемый грунт располагается сбоку от пути, по которому бульдозер транспортирует его к месту отсыпки. Бульдозер захватывает отвалом грунт, делает поворотное движение, перемещая грунт на транспортный путь, а затем транспортирует его к месту отсыпки. Работать по боковой схеме может только квалифицированный бульдозерист, так как при недостаточном опыте управления бульдозером значительная часть грунта может быть потеряна во время поворота бульдозера.

Ступенчатую схему разработки и перемещения грунта применяют преимущественно при устройстве насыпей, выполнении вскрышных работ и вертикальной планировке площадей, когда допускается отсыпать разрабатываемый грунт по всей ширине выемки. Работая по этой схеме, бульдозер разрабатывает грунт параллельными проходками. Переместив грунт из одной проходки, бульдозер совершает холостой ход под углом к оси рабочего хода и начинает разработку и перемещение грунта на расположенной рядом проходке (рис. 96).

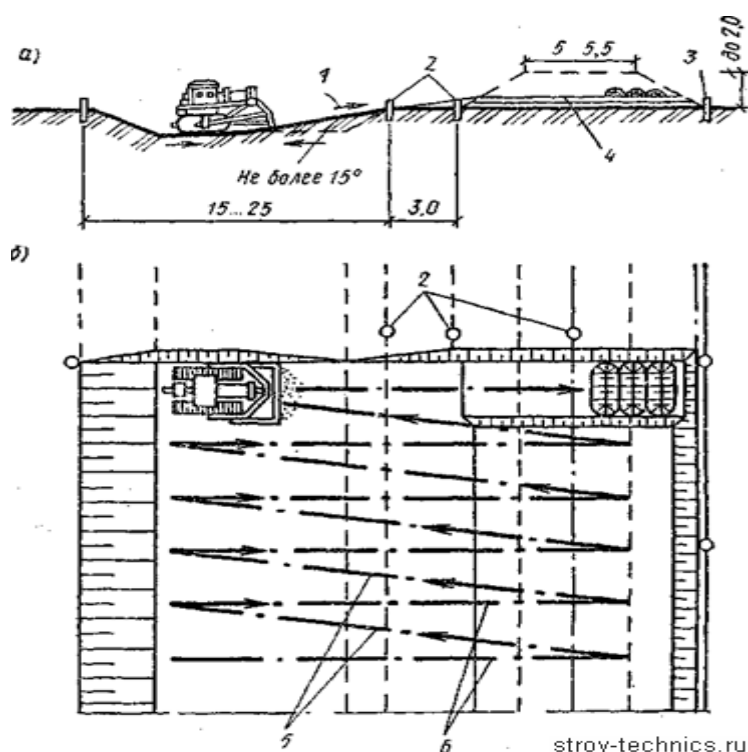
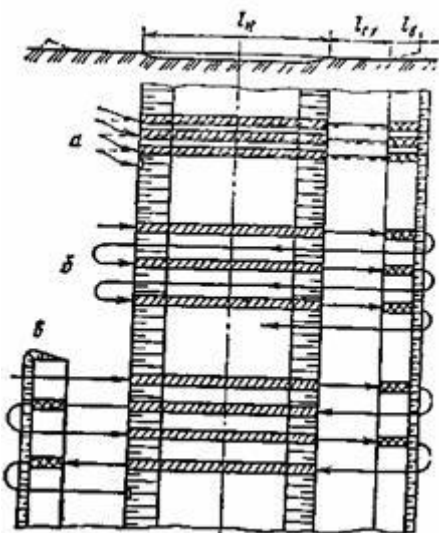


Рис. 96. Схема возведения насыпи бульдозером

1 — направление рабочего хода бульдозера; 2 — разбивочные колышки; 3 — вешки-высотники; 4 — отсыпанные слои грунта; 5 — направление холостого хода бульдозера; 6 — направление рабочего хода бульдозера

Выбор схемы работы бульдозера определяется из условия наименьших затрат времени на холостые пробеги, переключение скоростей и повороты. Чаще бульдозеры используют для поперечной разработки. Основными схемами поперечной разработки грунта бульдозерами с неповоротным отвалом являются:

- на одну сторону с возвращением задним ходом;
- на одну сторону с разворотом на 180 град. и возвращением передним ходом;
- на две стороны с разворотом на 180 град.



Схемы поперечной разработки грунта бульдозерами с неповоротными отвалами

- а – на одну сторону с возвращением задним ходом; б – на одну сторону с разворотом на 180 град. и возвращением передним ходом; в – на две стороны с разворотом на 180 град.

Рассмотренные способы разработки и перемещения грунта в большей или меньшей степени применяются почти на всех земляных работах, выполняемых бульдозерами. Ниже рассматриваются конкретные примеры организации бульдозерных работ на различных земляных сооружениях. При выполнении вскрышных работ с отсыпкой грунта в ранее выработанное пространство разработку грунта ведут перекрещивающимися проходками, наклонными в сторону выработки под углом 10... 12°. Разработку грунта начинают на участках, расположенных в непосредственной близости от верхней бровки откоса старой выработки. При этом толщину срезаемого слоя грунта увеличивают по мере приближения бульдозера к выработке, с тем чтобы у ее откоса она была максимальной.

Вертикальную планировку площадей с помощью бульдозеров осуществляют после разбивки всей площади с указанием глубины снятия грунта на высоких участках и высоты отсыпки его в выемках. Грунт разрабатывается параллельными проходками. В этом случае целесообразно применять

комбинированную схему разработки и перемещения грунта, сочетающую прямую и ступенчатые схемы.

Возведение насыпей бульдозерами без применения других машин (катков, поливочных машин) допускается только в тех случаях, когда техническими условиями на производство работ не предусмотрено уплотнение грунта и местные данные позволяют использовать грунт из резервов.

В зависимости от ширины насыпи разработку грунта ведут в одно- или двусторонних боковых резервах. Возводят насыпь в следующей технологической последовательности. Перед началом работ производят геодезическую разбивку насыпи и боковых резервов, целью которой является наметить ось и границы основания насыпи, границы бермы и резервов. Резервы закладывают преимущественно на нагорной стороне насыпи с поперечным двусторонним уклоном дна 0,02 к середине резерва. Продольный уклон дна резерва должен составлять не менее 0,002 и не более 0,008. Для удобства работы отсыпку насыпи ведут захватками длиной 50... 100 м.

Разработку грунта начинают от полевой бровки резерва. Двигаясь на первой скорости, бульдозер срезает грунт слоями до 30 см и перемещает его в сторону насыпи. При подходе к берме отвал бульдозера постепенно приподнимают, чтобы не срезать грунт на берме. Укладку грунта в тело насыпи производят валиками, размещая их по ширине насыпи. Холостой ход бульдозера в резерв осуществляется на максимальной скорости заднего хода.

Грунт от каждой проходки в резерве укладывают в тело насыпи, размещая его по ширине насыпи, после чего бульдозер начинает разработку грунта на следующей проходке валиками. После отсыпки первого слоя насыпи на всей длине захватки бульдозер поднимается на насыпь и, перемещаясь вдоль сооружения, разравнивает уложенный валиками грунт, одновременно уплотняя его гусеницами. Отсыпку последующих слоев насыпи бульдозер производит в такой же последовательности. Закончив отсыпку насыпи до заданной высоты, бульдозер разравнивает верхний слой грунта, планирует бермы и дно резерва, доводя продольные и поперечные уклоны до проектных отметок.

Отсыпку насыпей высотой 1,5...2 м можно производить без послойного разравнивания насыпанного грунта сразу на полную высоту. В этом случае рабочая отметка насыпи должна быть увеличена против проектной на 10... 15%, так как насыпь в течение длительного времени по окончании строительства будет давать осадку.

При строительстве дорожного полотна на косогорах грунт разрабатывают и перемещают в полунасыпь продольными и поперечными ходами бульдозера

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 24   |

На косогорах с поперечным уклоном 8... 10° целесообразно грунт разрабатывать продольными ходами. При этом бульдозер перемещает грунт в валы, располагаемые по всей ширине полувыемки. В дальнейшем бульдозер транспортирует грунт из валов в полунасыпь, перемещаясь под углом к оси строящегося полотна Дороги. На косогорах с поперечным уклоном 12... 20° разработку грунта ведут поперечными проходками, на которых бульдозер перемещается перпендикулярно оси строящегося полотна. Это позволяет повысить производительность бульдозера за счет увеличения толщины срезаемого слоя грунта, так как основная масса грунта перемещается под уклон.

Перед перемещением грунта в полунасыпь поверхность косогора, являющуюся основанием для полунасыпи, разрыхляют или нарезают бульдозером уступы. Для защиты дорожного полотна от воздействия поверхностных вод с нагорной стороны его канавокопателем или бульдозером, к отвалу которого крепят специальную насадку, отрывают водоотводную канаву.

Обратная засыпка траншеи бульдозером производится грунтом из отвала, расположенного вдоль траншеи, в следующей технологической последовательности. После укладки трубопровода, кабеля или устройства другого сооружения его одновременно с двух сторон засыпают вручную (чтобы не повредить или не сместить засыпаемый трубопровод или сооружение) на высоту 0,25... 0,3 м над верхом сооружения. Дальнейшую засыпку траншеи производит бульдозер, двигаясь перекрестными поперечными ходами.

Площадь отвала разбивают на отдельные участки, бульдозер подходит к отвалу грунта под некоторым углом, забирает грунт на участке I и перемещает его в траншею. После этого поперечными проходками он перемещает в траншею грунт из участка II, затем косыми проходками из участка III, поперечными из участка IV и т. д. Аналогичную схему движения бульдозера применяют и при засыпке фундаментов зданий. При таком чередовании направлений движения бульдозера уменьшается путь перемещения его с грунтом и улучшаются условия набора грунта.

Засыпку искусственного сооружения, конструкция которого не требует ручной засыпки (железобетонные коллекторы, тоннели, трубы большого диаметра и т. п.), производят в следующем порядке. Вначале присыпают сооружение с одной стороны на высоту до 0,5, затем производят присыпку его на высоту до 1 м с другой стороны грунтом, привезенным самосвалами. Окончательную засыпку сооружения на полную высоту (после того как выполнена присыпка его с двух сторон) выполняют, как указано выше. Соблюдение такой последовательности засыпки необходимо, так как при односторонней засыпке возможна деформация сооружения.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 25   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

При зачистке откосов бульдозерами отвалы грунта располагают преимущественно вдоль нижней бровки зачищаемого откоса. Это позволяет перемещать грунт сверху вниз. С помощью бульдозеров зачищают откосы, крутизна которых не превышает 1 : 2,5.

В отдельных случаях допускается зачистка откосов с перемещением грунта вверх по откосу. Организация работ по этой схеме целесообразна на участках, где основной объем работ по зачистке откосов выполняют экскаваторы или иные машины, а бульдозеры только подчищают и выравнивают откосы.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА НА СРЕЗКУ ГРУНТА РАСТИТЕЛЬНОГО СЛОЯ БУЛЬДОЗЕРАМИ**

1.1 Технологическая карта предназначена для использования линейным производственным и инженерно-техническим персоналом строительных организаций при срезке грунта растительного слоя I - II группы застраиваемых площадей бульдозерами.

1.2 В состав работ, рассматриваемых технологической картой, входят:

- а) при длительном хранении грунта в отвале:
  - срезка грунта растительного слоя бульдозером;
  - перемещение грунта на расстояние до 50 м в отвал;

### **ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ**

2.1 Растительный грунт, подлежащий снятию с застраиваемых площадей, должен срезаться, перемещаться в специально выделенные места и складироваться.

2.2 До начала производства работ по срезке грунта растительного слоя должны быть выполнены следующие работы:

- вынесены оси и обозначены границы площадки (трассы) производства работ;
- указаны места отсыпки отвалов растительного грунта;
- произведена рабочая разбивка площадки с закреплением разбивочных знаков;
- ознакомлены с технологией и организацией работ и обучены безопасным методам труда рабочие и ИТР.

|      |      |          |         |      |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  | 26   |

2.3 Технологической картой предусматривается следующая последовательность работ:

- срезка грунта растительного слоя I, II группы и перемещение в отвал бульдозерами, технические характеристики которых представлены в таблице 1, по одному из перечисленных способов: челночным или траншейным;

- складирование грунта при длительном хранении или последующая погрузка срезанного грунта растительного слоя экскаваторами, оборудованными обратной лопатой, открытым способом в автотранспортные средства с перемещением в места рекультивации земель. Технические характеристики экскаваторов, используемых для погрузки грунта, представлены в таблице 2.

2.4 При работе с растительным грунтом не следует смешивать его с нижележащим нерастительным грунтом, а также загрязнять его отходами, строительным мусором и т.п.

2.5 При срезке грунта растительного слоя челночным способом согласно рисунку 1 заполнение отвала грунтом, его перемещение производится при движении бульдозера вперед, а холостой ход - при движении бульдозера задним ходом по той же прямой.

Срезка грунта растительного слоя бульдозером на площадке ведется от середины участка в обе стороны, образуя двухстороннее размещение отвалов.

Площадь участка строительства разбивают на две захватки. Сначала бульдозер срезает грунт растительного слоя на одной захватке и транспортирует его в ближайший отвал, путь перемещения грунта выбирается по кратчайшему расстоянию, поверхность пути перемещения следует предварительно выровнять бульдозером.

По окончании работ на первой захватке бульдозер разворачивается и ведет работы на второй захватке.

2.6 Разновидностью челночной схемы разработки грунта растительного слоя является траншейная схема, представленная на рисунке 2. При траншейной схеме участок для срезки растительного слоя грунта разделяется на ряд параллельных проходов (полос). Разработка каждой полосы проходки начинается на ближайшем к месту укладки грунта участке (полосе). Между рядами проходов оставляются перемычки (ребра) нетронутого грунта шириной 0,7 м.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 27   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

После разработки грунта растительного слоя в двух первых рядах проходок перемычки (ребра) нетронутого грунта необходимо убирать бульдозером в отвал.

Полный цикл работы бульдозера состоит из операций:

- опускание отвала и установка его в требуемое положение;
- зарезание и заполнение отвала грунтом;
- перемещение грунта растительного слоя к месту укладки;
- разгрузка (укладка) грунта растительного слоя в отвал;
- возвращение бульдозера в забой.

2.7 Повышение производительности бульдозеров, используемых при разработке грунта растительного слоя, может быть достигнута за счёт совмещения операций:

- подъёма отвала с разгрузкой и разравниванием грунта;
- опускания отвала с переключением передачи трактора и началом движения бульдозера задним ходом.

2.8 Зарезание грунта растительного слоя производится на прямых участках по клиновой схеме. Клиновая схема зарезания грунта с применением переменного (по высоте) заглубления отвала обеспечивает наиболее полное заполнение его грунтом и использование тяговых возможностей трактора. Для обеспечения зарезания грунта и его набора режущая кромка ножа отвала бульдозера всегда должна быть острой.

При срезке грунта растительного слоя нож отвала бульдозера устанавливается под углом до  $60^\circ$  к горизонтальной поверхности.

2.9 При отсутствии в проекте указаний по толщине срезаемого слоя растительный грунт, используемый для озеленения территорий, в зависимости от климатических подрайонов должен заготавливаться путем снятия верхнего покрова земли на глубину:

7 - 20 см - при подзолистых почвах в климатических подрайонах со среднемесячными температурами января минус  $28^\circ\text{C}$  и ниже, июля -  $\pm 0^\circ\text{C}$  и выше, суровой длительной зимой с высотой снежного покрова до 1,2 м и вечномёрзлыми грунтами. Вечномерзлый грунт следует заготавливать летом по мере его оттаивания и перемещать в отвалы к дорогам для последующей **ВЫВОЗКИ**

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 28   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

## 5. Расчетная часть

### 5.1 Определение параметров рабочего оборудования и мощности двигателя

Исходные данные:

$$T_{сц} = 60 \text{ кН}$$

$$V_p = 1 \text{ м/с}$$

$$B = 3,9 \text{ м}$$

$$H = 1 \text{ м}$$

$$\eta = 0,85$$

Грунты:

1 - глина

2 – суглинок

3 - песок

$$K_0 := \begin{pmatrix} 180 \\ 150 \\ 90 \end{pmatrix} \quad \rho := \begin{pmatrix} 1800 \\ 1600 \\ 1400 \end{pmatrix} \quad K_p := \begin{pmatrix} 1.3 \\ 1.2 \\ 1.1 \end{pmatrix} \quad \varphi := \begin{pmatrix} 0.9 \\ 0.85 \\ 0.8 \end{pmatrix} \quad p_1 := \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.5 \\ 0.4 \end{pmatrix}$$

$$\mu_1 := \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.5 \\ 0.4 \end{pmatrix} \quad \mu_2 := \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.65 \\ 0.58 \end{pmatrix} \quad f := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.15 \\ 0.2 \end{pmatrix} \quad \lambda := \begin{pmatrix} 35 \\ 33 \\ 30 \end{pmatrix}$$

Расчет параметров бульдозера

$$N = T_{сц} * \frac{V_{\Gamma}}{\eta} = 70,588 \text{ кВт}$$

$$G = T_{сц} * \varphi_{сц}$$

$$G := \begin{pmatrix} 54 \\ 51 \\ 48 \end{pmatrix}$$

$$V_{гр} = \frac{BH^2}{2 * \tan(\frac{\lambda\pi}{180})}$$

$$V_{гр} := \begin{pmatrix} 2.785 \\ 2.003 \\ 3.377 \end{pmatrix}$$

$$G_{гр} = V_{гр} * \rho * \frac{9,81}{K_p} * 10^{-3}$$

$$G_{гр} := \begin{pmatrix} 49.764 \\ 53.911 \\ 56.721 \end{pmatrix}$$

$$G = 59 \text{ кН}$$

$$T_N = \frac{N}{V_p} * \eta = 60 \text{ кН}$$

$$T = \min(T_N, T_{сц})$$

$$T = 60 \text{ кН}$$

Где:

$B$  – ширина отвала;  $H$  – высота отвала;  $V_p$  – скорость;

$N$  – мощность двигателя;  $G$  – сцепной вес бульдозера;  $T$  – усилие сцепления;

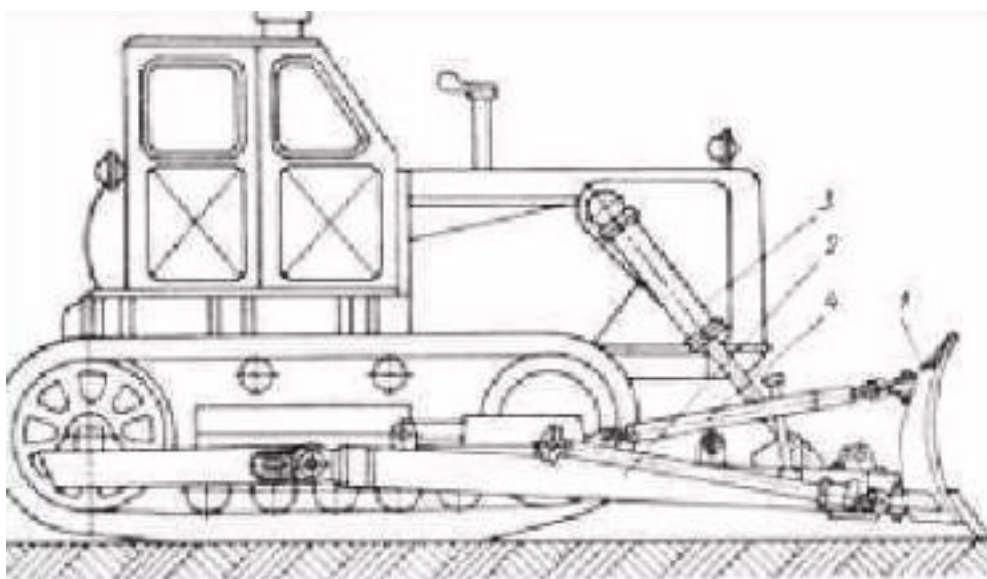
$\varphi_{сц}$  – коэффициент сцепления с поверхностью пути.  $V_{гр}$  – объем призмы грунта впереди отвала;  $\lambda$  – угол естественного откоса грунта в движении в градусах.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 29   |

## 5.2. Выбор базовой машины

**В качестве базовой машины выбран бульдозер ДЗ-18. Технические характеристики:**

| Показатель                             | Значение             |
|----------------------------------------|----------------------|
| Базовая трактор                        | Т-100МЗГП            |
| Мощность двигателя, кВт                | 79                   |
| Тяговый класс, кН                      | 60                   |
| Масса, кг                              | 13880                |
| Тип отвала                             | Полусферический (SU) |
| Ширина отвала, мм                      | 3900                 |
| Высота отвала, мм                      | 1000                 |
| Объем призмы волочения, м <sup>3</sup> | 3,3                  |
| Глубина опускания, мм                  | 250                  |
| Максимальная скорость, км/ч            | 10,1                 |
| Масса рабочего оборудования, кг        | 1860                 |



### 5.3 Расчет устойчивости

Устойчивость бульдозера проверяется на продольную и поперечную устойчивость.

#### 1. Продольная устойчивость.

При движении бульдозера под уклон и внезапной встрече отвала с труднопреодолимым препятствием может произойти потеря его устойчивости и опрокидывание. В результате торможения машины деформируется препятствия и рабочее оборудование, а движитель отрывается от опорной поверхности, а центр тяжести смещается вперед и вверх. Принимаем, что деформирование рабочего оборудования и препятствия мало в сравнении со смещением центра тяжести машины.

Тогда условия:

$$\frac{G_b * V^2}{2g} = G_b * \Delta h$$

$$R = \sqrt{l_0^2 + h_{ц}^2} = \sqrt{2.5^2 + 1.2^2} = 2.77$$

$$tg \alpha_0 = \frac{h_{ц}}{l_0} = \frac{1.2}{2.5} = 0.48$$

Далее находим угол наклона поверхности при котором возможно опрокидывание

$$\alpha_y = \arcsin \left( \frac{1 - V^2}{2 * g * R} \right) - \alpha_0 = 39 - 22 = 17^\circ$$

Продольная устойчивость обеспечивается тогда, когда подъем или уклон его не превышает предельных углов и (рисунок 2 а, б), при которых заторможенный трактор не опрокинется.

При подъеме трактор может опрокинуться вокруг т. О (рисунок 2, а). Трактор будет находиться в состоянии устойчивости в том случае, пока будет соблюдаться следующее условие:

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 31   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

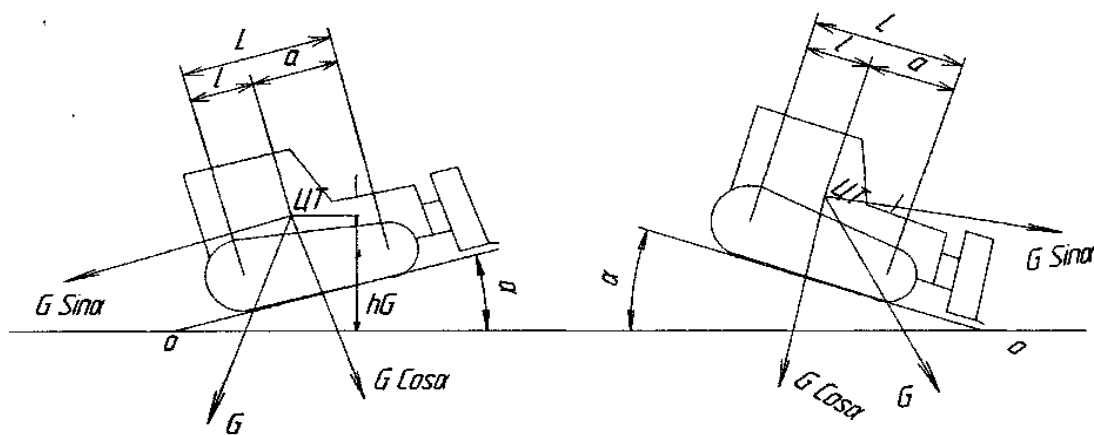


Рис. 3. Расчетная схема для определения продольной устойчивости на подъёме и уклоне

В этом случае:

$$P_{тр} = \varphi_{сц} * G_{б} * \cos \alpha_y = 0,85 * 135,4 * 0,956 = 110 \text{ кН}$$

Из условия  $\sum P_x = 0$  вытекает, что:

$$P_j = G_{б} * (\varphi_{сц} * \cos \alpha_y - \sin \alpha_y) = 135,4 * (0,85 * 0,956 - 0,29) = 70,8 \text{ кН}$$

Где  $P_j$  – сила инерции, прикладываемая к центру тяжести

$$\text{Тогда опрокидывание } l_{ц} * G_{б} * \cos \alpha_y = (P_j + G_{б} * \sin \alpha_y) * h_{ц}$$

$$l_{ц} = \varphi_{сц} * h_{ц}$$

где  $l_{ц}$ ,  $h_{ц}$  – коэффициенты центра тяжести машины.

Если соблюдается неравенство  $l_{ц} > \varphi_{сц} * h_{ц}$ , опрокидывание вперед бульдозера невозможно. Однако возможно его сползание на наклонной поверхности когда  $\frac{l_{ц}}{h_{ц}} = \tan \alpha_y = \varphi_{сц}$

Таким образом, учитывая коэффициент запаса устойчивости (1,2) предельный угол наклона можно найти:  $\alpha_y = \arctg(\frac{\varphi_{сц}}{1,2}) = 35^\circ$

При движении бульдозера на подъем возможно его опрокидывание относительно задних колес или сползание юзом назад. Кроме этого необходимо учитывать, что угол подъема по условию опрокидывания бульдозера ограничивается мощностью двигателя.

$$\alpha_y = \arctg(\frac{L - l_{ц}}{1,2 * h_{ц}}) = 46^\circ$$

## 2. Поперечная устойчивость

Поперечная устойчивость бульдозера оценивается по следующим условиям: опрокидывание на наклонной поверхности; опрокидывание при движении на закругленных участках дороги; потеря сцепления с опорной поверхностью.

Допустимый угол поперечного уклона

$$\alpha_{\Pi} = \arctg\left(\frac{0,5 \cdot B - e}{1,2 \cdot h_{\text{ц}}}\right) = 32^{\circ}$$

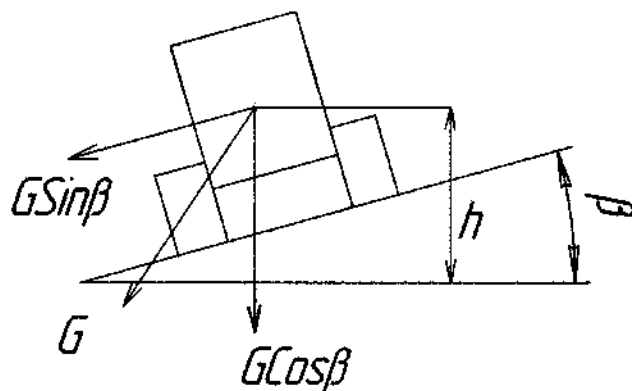


Рис. 4. Расчетная схема для определения поперечной устойчивости машины.

На закруглениях дороги коэффициент опрокидывания определяется из следующих условий:

$$K_{\text{уст}} = \left( \frac{0,5 \cdot B - e}{h_{\text{ц}} \cdot V^2} \cdot Rn \cdot g \right) = 2,1 > 1,2$$

$Rn$  – радиус закругления дороги, м.

Коэффициент запаса поперечной устойчивости при движении на закруглениях дороги, по условию сцепления.

$$K_{\text{уст}} = \left( \frac{0,8 \cdot \varphi_{\text{сц}} \cdot Rn \cdot g}{V^2} \right) = 1,6 > 1,2$$

$$\alpha_y = \arcsin\left(\frac{0,8 - \varphi_{\text{сц}}}{1,2}\right) = 33^{\circ}$$

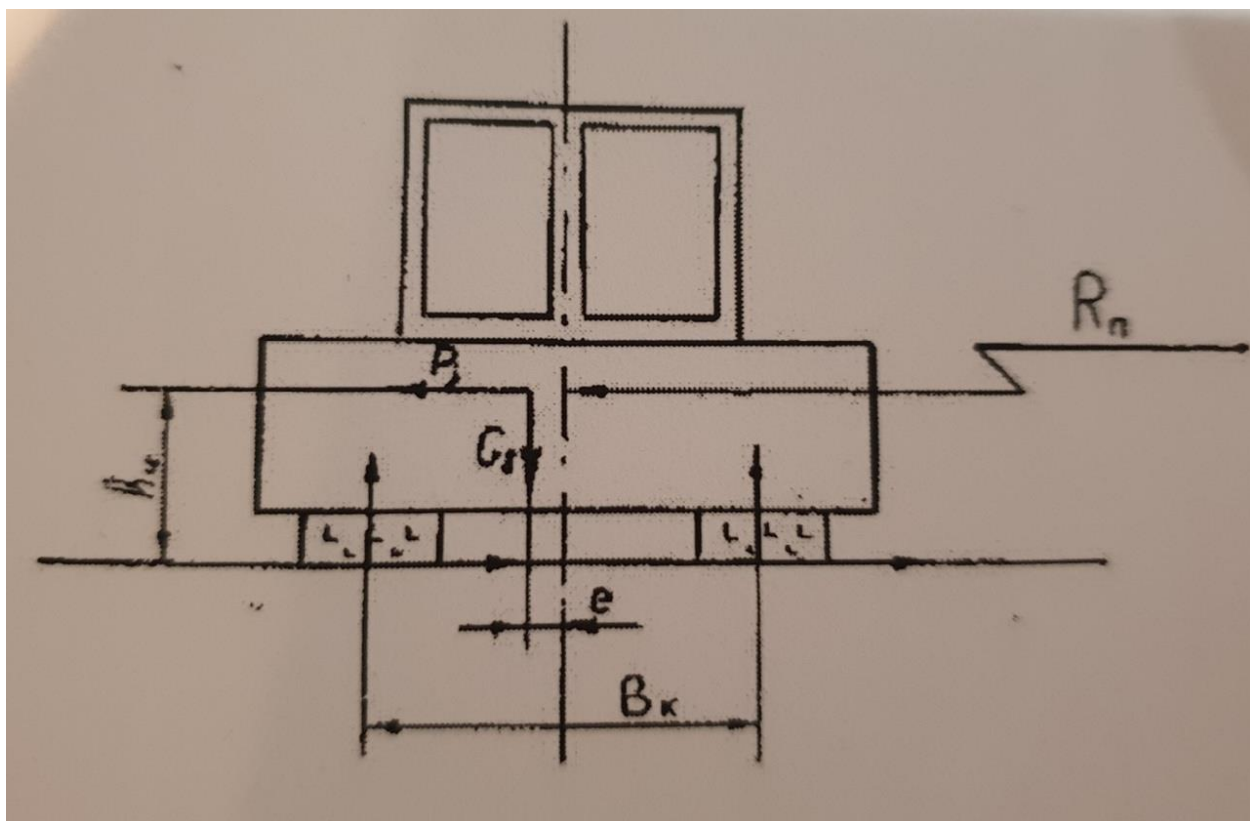


Рис. 7. Схема для определения поперечной устойчивости при движении по закруглению.

При выборе продольных и поперечных углов выбирают их наименьшие значения.

#### 5.4 Определение сопротивлений при работе машины

Силы для преодоления сопротивления копанью грунта следует определять для наиболее тяжелых условий работы, когда он при копании и перемещении грунта движется на подъем и призма волочения грунта становится максимальной.

По найденной сумме сопротивлений, мы сможем проверить, подходит ли машина, которую мы выбрали в качестве базовой для работы в заданных условиях.

Сумма сопротивлений включает в себя следующие сопротивления:

1. Сопротивление перемещению;
2. Сопротивление грунта резанию;
3. Сопротивление от призмы волочения грунта;
4. Сопротивление от трения грунта.

Произведем их расчет.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 35   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

Сопротивление перемещению бульдозера

$$W1 := G_{сц} \cdot f \quad W1 = \begin{pmatrix} 17.212 \\ 25.819 \\ 34.425 \end{pmatrix}$$

Сопротивление от перемещения призмы грунта

$$W3_1 := Gr_1 \cdot \mu_1 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha\right)^2 \quad W3_2 := Gr_2 \cdot \mu_2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha\right)^2 \quad W3_3 := Gr_3 \cdot \mu_3 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{180} \cdot \alpha\right)^2$$

$$W3 = \begin{pmatrix} 0.124 \\ 0.112 \\ 0.098 \end{pmatrix} \quad \text{кН}$$

Сопротивление от трения грунта об отвал

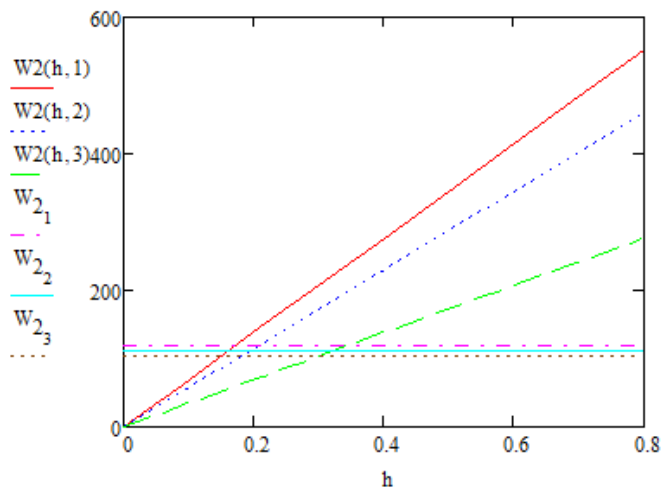
$$W4_1 := Gr_1 \cdot \mu_2_1 \quad W4_2 := Gr_2 \cdot \mu_2_2 \quad W4_3 := Gr_3 \cdot \mu_2_3$$

$$W4 = \begin{pmatrix} 0.503 \\ 0.442 \\ 0.431 \end{pmatrix} \quad \text{кН}$$

Сопротивление резанью

Толщина стружки  $h := 0,01 \dots 0,8 \quad \text{м}$

$$W2(h,j) := K0 \cdot B \cdot h \quad W_2 := T_d - W1 - W3 - W4 = \begin{pmatrix} 119.861 \\ 111.327 \\ 102.746 \end{pmatrix}$$



$$f(h) := W2(h,3) - W_{2_3}$$

$$h := 0.6$$

$$h := \text{root}(f(h), h)$$

$$h = 0.298 \quad \text{м} \quad h_{\max} := h$$

$$h_{\min} := \frac{(T_d - W1 - W3 - W4)}{K0 \cdot B} = \begin{pmatrix} 0.174 \\ 0.194 \\ 0.298 \end{pmatrix} \quad h_{\text{cp}} := \frac{(h_{\min} + h_{\max})}{2} = \begin{pmatrix} 0.236 \\ 0.246 \\ 0.298 \end{pmatrix}$$

Исходя из графика зависимости суммарного сопротивления мы видим, что базовая машина может срезать стружку глины толщиной до 0,18 м, стружку суглинки до 0,2 м и стружку песка до 0,35 м.

Здесь же произведем расчет производительности.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  | 36   |

### Расчет производительности

+

$$h_{\text{разр}} := 0.2$$

$$L_{\text{pez}_1} := \frac{V_{r1}}{Kp_1 \cdot B \cdot h_{\text{cp}_1}} = 0.133 \quad L_{\text{разр}} := \frac{V_r}{B \cdot h_{\text{разр}}} = \begin{pmatrix} 0.204 \\ 0.22 \\ 0.247 \end{pmatrix} \quad V_{\text{разр}} := \frac{2}{3.6} \quad \text{м / с}$$

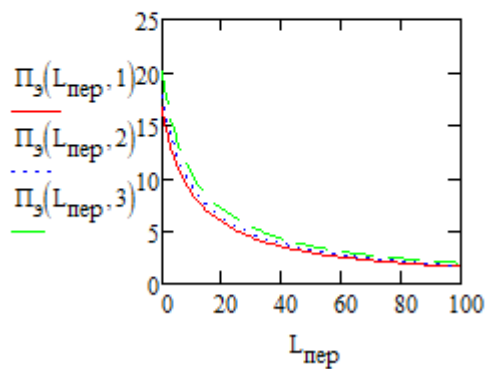
$$L_{\text{pez}_2} := \frac{V_{r2}}{Kp_2 \cdot B \cdot h_{\text{cp}_2}} = 0.149 \quad L_{\text{пер}} := 0..100 \quad L_{\text{об.х}} := L_{\text{пер}} \quad V_{\text{пер}} := \frac{2}{3.6} \quad \text{м / с}$$

$$L_{\text{pez}_3} := \frac{V_{r3}}{Kp_3 \cdot B \cdot h_{\text{cp}_3}} = 0.151 \quad V_{\text{об.х}} := \frac{4}{3.6} \quad \text{м / с}$$

$$L_{\text{pez}} = \begin{pmatrix} 0.133 \\ 0.149 \\ 0.151 \end{pmatrix} \quad t_{\text{п.с.}} := 6 \quad \text{с} \quad t_{\text{п.п.}} := 6 \quad \text{с} \quad t_{\text{пов}} := 8 \quad \text{с}$$

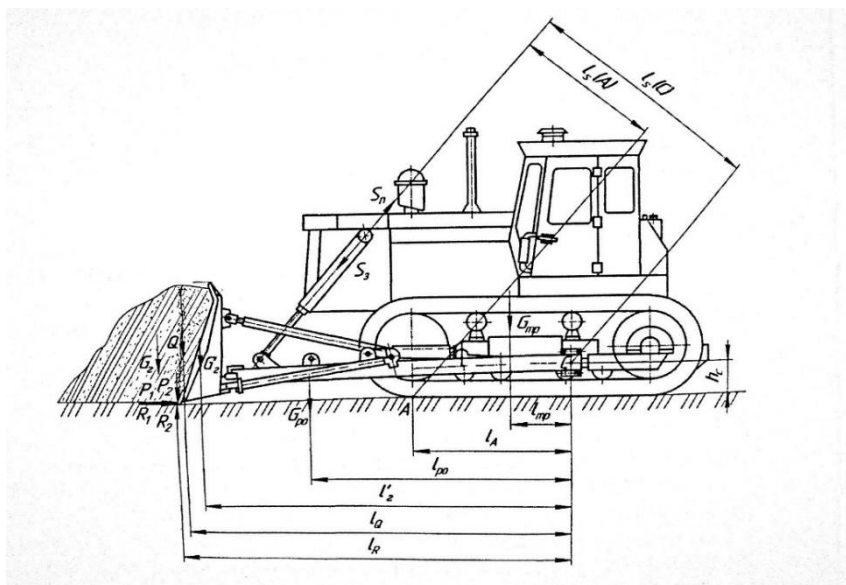
$$tu(L_{\text{пер},j}) := \frac{L_{\text{pez},j}}{V_p} + \frac{L_{\text{пер}} \cdot (V_{\text{об.х}} + V_{\text{пер}})}{V_{\text{пер}} \cdot V_{\text{об.х}}} + \frac{L_{\text{разр},j}}{V_{\text{разр}}} + t_{\text{п.с.}} + t_{\text{п.п.}} + 2 \cdot t_{\text{пов}}$$

$$\Pi_3(L_{\text{пер},j}) := \frac{(3600 \cdot V_{r,j} \cdot K_{\text{в}})}{tu(L_{\text{пер},j})} \quad \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$



+

## 5.5 Определение нагрузок на рабочее оборудование



$G_{po}$  – вес рабочего оборудования бульдозера,  $l_{po}$  – плечо веса рабочего оборудования относительно упряжного шарнира,  $l_2$  – плечо силы  $R_2$  относительно упряжного шарнира,  $l_q$  – плечо силы  $Q$ ,  $l_s$  – плечо усилия  $S$  гидроцилиндра подъема опускания отвала,  $B$  – ширина отвала,  $H$  – высота отвала,  $k$  – несущая способность грунта,  $x$  – ширина кромки затупления ножа,  $h$  – плечо силы  $R_1$ ,  $\mu_4$  – коэффициент трения грунта о сталь,  $k_p$  – коэффициент разрыхления,  $\rho$  – плотность,  $T_{сц}$  – тяговое усилие,  $\lambda$  – угол естественного откоса,  $l_{tr}$  – плечо веса трактора.

## Расчет нагрузок

Данные

$$\begin{array}{llllll} G_{po} := 18.25 & l_2 := 4.45 & B := 3.9 & \mu_2 := 0.8 & k_p := 1.3 \\ G_{tr} := 135.4 & l_q := 2.9 & \underline{H} := 1 & \mu_4 := 0.6 & \underline{g} := 9.81 \\ l_{po} := 1.96 & l_s := 2.1 & h := 0.5 & \lambda := 35 & T_{cz} := 28.6 \\ l_{tr} := 0.4 & l_{sA} := 1 & x := 0.01 & \rho := 1.8 & k := 500 \end{array}$$

Сопротивление заглублению

$$R_2 := B \cdot x \cdot k \quad R_2 = 19.5 \quad \text{кН}$$

$$R_1 := \mu_4 \cdot R_2 = 11.7 \quad \text{кН}$$

Усилие Заглубления

$$S_3 := \frac{(R_2 \cdot l_2 - R_1 \cdot h - G_{po} \cdot l_{po})}{l_s} = 21.502 \quad \text{кН}$$

Сопротивления резанию грунта

$$V_r := \frac{(H \cdot H \cdot B)}{2 \cdot \tan\left(\lambda \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 2.785 \quad Gr := V_r \cdot \frac{(\rho \cdot g)}{k_p} = 37.827$$

Вес грунта поднимаемого вместе с отвалом

$$G_{gr} := 0.3 \cdot Gr = 11.348 \quad \text{кН}$$

Сопротивление разрыву призмы

$$Q := B \cdot H \cdot l_q + T_{cz} \cdot \mu_2 = 34.19 \quad \text{кН}$$

Усилие отвала

$$S_n := \frac{(Gr \cdot l_2 + Q \cdot l_q + R_2 \cdot l_2 + G_{po} \cdot l_{po})}{l_s} = 185.727 \quad \text{кН}$$

Критическое усилие

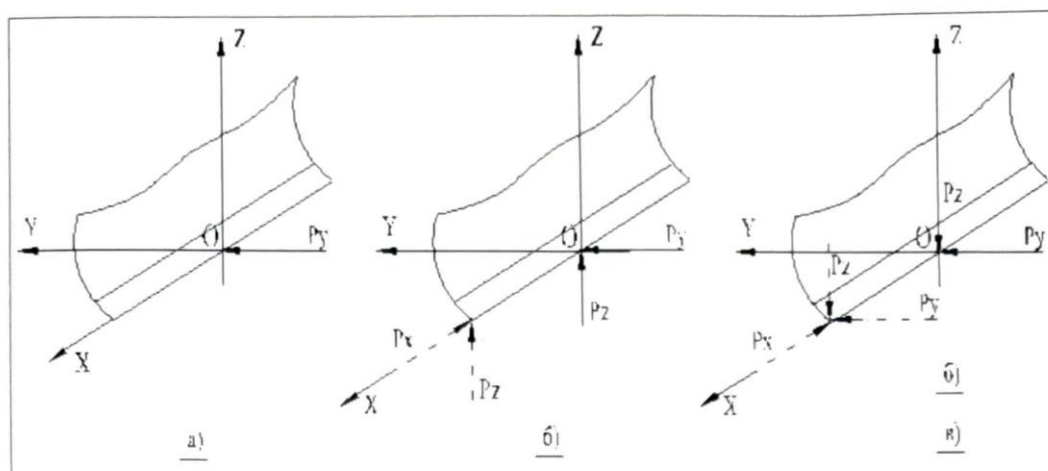
$$S_{kr} := G_{tr} \cdot \frac{(l_s - l_{tr})}{l_{sA}} = 230.18 \quad \text{кН}$$

$$S_n < S_{kr} \\ 185.727 < 230.18$$

Условие того, что усилие подъема отвала меньше, чем критическое условие подъема отвала выполнено. Значит, бульдозер способен поднимать грунт с отвалом.

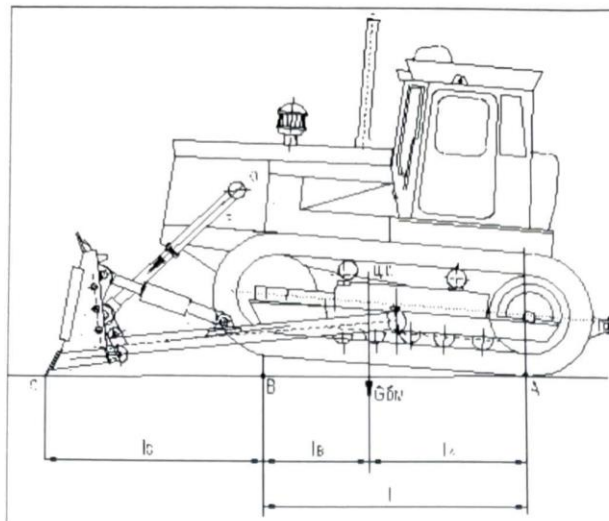
## 5.6 Прочностной расчет

Рассмотрев действие внешних сил, можно сделать выводы в отношении положений и условий работы бульдозера, наиболее опасных с точки зрения его прочности. Можно наметить следующие основные расчетные положения и соответствующие условия работы:



**Рисунок 5.10 - Расчетное положение отвала**

- Внезапный упор в препятствие средней точки отвала; бульдозер движется по горизонтальной поверхности; цилиндры находятся в запертом положении. (рис 5.10, а)
- В процессе заглубления отвала трактор вывешивается на средней точке отвала; цилиндры развивают усилие, достаточное для опрокидывания базовой машины, относительно точки А (рис 5.11).
- В процессе заглубления отвала трактор вывешивается на крайней точке отвала; цилиндры развивают усилие, достаточное для опрокидывания базовой машины относительно точки А.
- В процессе выглубления отвала трактор вывешивается на средней точке отвала; цилиндры развивают усилие, достаточное для опрокидывания базовой машины относительно точки В .
- В процессе выглубления отвала трактор вывешивается на крайней точке отвала; цилиндры развивают усилие, достаточное для опрокидывания базовой машины относительно точки В.



**Рисунок 5.11 Положение бульдозера при опирании на кромку ножа отвала**

$$P_y = (G_b + P_z)\varphi_{\max} + v\sqrt{\frac{G_b}{g}}c_o, \quad \text{если } (G_b + P_z)\varphi_{\max} > T_{\text{мб}}, \quad \text{то}$$

$$P_y = T_{\text{мб}} + v\sqrt{\frac{G_b}{g}}c_o, \quad P_z = -G_b\frac{l_b}{l_c}, \quad P_x = -\frac{(G_b + P_z)\varphi_{\max}}{2} \cdot \frac{B}{l_c} \quad \text{или} \quad P_x = -\frac{G_b\mu}{2}, \quad \text{если}$$

$$(G_b + P_z)\varphi_{\max} > T_{\text{мб}}.$$

Где  $G_{\text{бм}}$  – суммарный вес базовой машины и навесного оборудования;  $\varphi_{\max} = 0,9 - 0,95$  – максимальное значение коэффициента использования сцепного веса для гусеничных базовых машин;  $v$  – скорость базовой машины в момент встречи с препятствием;  $g$  – ускорение земного тяготения;  $l_a = 1620$ ,  $l = 2525$  мм,  $l_c = 2285$ ,  $l_b = 903$  – размеры определяемые по схеме,  $B$  – ширина отвала бульдозера;  $T_{\text{мб}}$  – максимальное свободное тяговое усилие по двигателю на рассчитываемой передаче;  $\mu = 0,65 - 0,7$  – коэффициент бокового сдвига;  $c_o$  – суммарная жесткость препятствия и системы навесного оборудования.  $C_o = c_1c_2/(c_1 + c_2)$ . Предположим в качестве препятствия кирпичный столб, тогда  $c_1 = 18150$  кГ/см. Жесткость системы навесного оборудования  $c_2$  можно ориентировочно определить по формуле  $c_2 = \alpha G_{\text{бм}}$ , где  $\alpha = 0,9 - 1$  кГсм/кГ – коэффициент жесткости навесного оборудования на кГ веса трактора., тогда

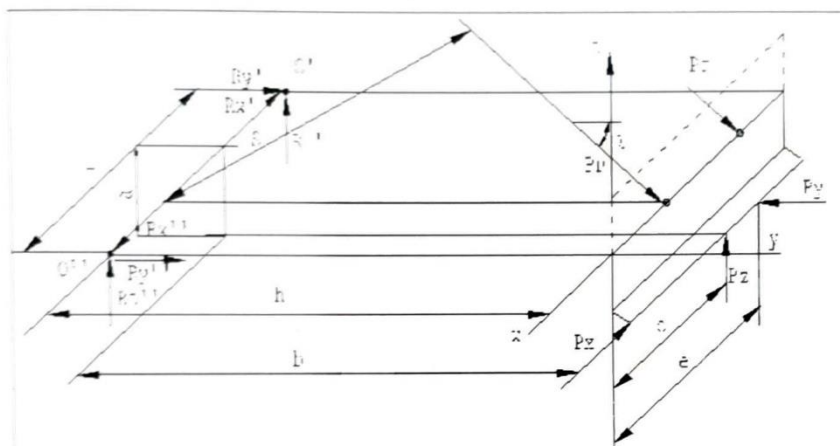
$$c_2 = 0,95 \times 166100/9,8 = 16101 \text{ кГ/см} \quad c_0 = 16101 \times 18150/(16101 + 18150) = 8532.$$

$$P_z = -166,1 \times 0,903/2,285 = -65,6 \text{ кН.}, (G_b + P_z)_{\text{фмах}} = (142,1 + 65,6) \times 0,8 = 166,16 \text{ кН.} < T_{\text{мб}} = 144 \text{ кН.}, \text{ тогда: } P_x = -[(166,1 - 65,6)0,9/2] \times [3,2/2,285] = -63,3 \text{ кН.}$$

$$P_y = (166,1 - 65,6)0,9 + 2,58[142,1 \times 85,32/9,8]^{0,5} = 90,75 \text{ кН.}$$

Усилия в шарнирах крепления рамы бульдозера к базовой машине.

Пусть на отвал бульдозера (рис 5.12) действуют внешние усилия  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  – в общем случае не приводимые к одной равнодействующей.



**Рисунок 5.12 - Схема действия сил в шарнирах рамы бульдозера**

В шарнирах  $O'$  и  $O''$  возникают реакции  $R_x'$ ,  $R_y'$ ,  $R_z'$  и  $R_x''$ ,  $R_y''$ ,  $R_z''$ . Величины реакций  $R_z$  и  $R_y$  не зависят от вида бульдозерного оборудования.

$$\text{Усилие в гидроцилиндре } P_r = [P_z b - P_y a]/2S,$$

Где  $b = 3,46$ ,  $a = 0,4$  и  $S = 2,045$  – размеры определенные по чертежу (рис12).

$$c = 1,6; e = 1,6; \lambda = 0,42^0; l = 3,2; h = 2,98; \mu = 0,7; \xi_1 = 0,5; \nu = 0,46.$$

$$P_r = [-65,6 \times 3,46 - 90,75 \times 0,4]/[2 \times 2,045] = -64,37 \text{ кН.}$$

Реакции в шарнире  $O'$ :

$$R_z' = [P_x a - P_z x_c + P_r x_l \sin \lambda]/l;$$

$$R_z' = [-63,3 \times 0,4 + 65,6 \times 1,6 + (-64,37) \times 3,2 \times \sin 42]/3,2 = [79,66 - 138]/3,2 = -18,2 \text{ кН.}$$



Величина  $\Delta p$  зависит от соотношений между  $\xi_1$  и  $v$ . Так  $\xi_1 = 0,5\text{м} > v = 0,46\text{м}$  то

$$\Delta p = k o * l * P_y \left\{ \frac{1}{3} [0,5\xi_1 - (1 - \xi_1)v](0,5 - v) + \frac{1}{2} [0,5(0,5 - v)(0,5 - \xi_1) + \xi_1(0,5 - v)(\xi_1 - v)] \left[ 1 - \frac{0,5\xi_1 - (1 - \xi_1)v}{0,5 - v} \right] \right\}$$

$$\Delta_{вр} = 0,161 \times 3,2 \times 90,75 \{ 0,33 [0,5 \times 0,5 - (1 - 0,5)0,46](0,5 - 0,46) + 0,5(0,5 - 0,46)(0,5 - 0,5) + 0,5(0,5 - 0,46)(0,5 - 0,46)[1 - [0,5 \times 0,5 - (1 - 0,5)0,46]/(0,5 - 0,46)] \} = 46,75(0,0067 \times 0,04 + 0,0008 \times (1 - 0,5)) = 0,03$$

$$\Delta p = - 0,5 \times 3,2 [(1 - 0,7)^2/3 + 0,161(0,5 - 0,5)(0,5 - 0,46/3)/2] \times 90,75 = - 145,2 \times 0,03 = - 4,35$$

$$\delta_1 = [2/3(1 - 0,7)^2 + 0,161(1 - 4/3 \times 0,46)] = 0,26$$

$$R'_{xPy} = R''_{xPy} = 1/2,98 \times \frac{-4,35 + 0,03}{0,26} + 90,75 * 0,5 \frac{1}{2 * 2,98} = - 5,57 + 7,6 = 2,02$$

кН.,

Б. Реакции в шарнирах от действия сил  $P_{г}$ .

$$\xi_2 = 0,387, P_{г} \cos \lambda = - 64,37 \times 0,74 = - 47,63$$

$$R_{x'_{Pr}} = R_{x''_{Pr}} = 2[(\Delta p + \Delta_{ip})/\delta_1 h + (P_{г} \xi_2 \cos \lambda)/2h]$$

$$\Delta p = - \xi * l \left[ \frac{(1 - \mu)^2}{3} + [k o (0,5 - \xi_2)(0,5 - v/3)]/2 \right] P_{г} \cos \alpha$$

$$\Delta p = - 0,387 \times 3,2 \times [(1 - 0,7)^2/3 + 0,161 \times (0,5 - 0,387)(0,5 - 0,46/3)/2] \times - 47,63 = 1,946$$

$$\Delta p = k o * l * P_{г} \cos \alpha \left\{ \frac{1}{3} [0,5\xi_2 - (1 - \xi_2)v](0,5 - v) + \frac{1}{2} [0,5(0,5 - v)(0,5 - \xi_2) + \xi_2(0,5 - v)(\xi_2 - v)] \left[ 1 - \frac{0,5\xi_2 - (1 - \xi_2)v}{0,5 - v} \right] \right\}$$

$$\Delta_{вр} = 0,161 \times 3,2 \times (- 47,63) \{ 1/3 [0,5 \times 0,387 - (1 - 0,387) \times 0,46] \times (0,5 - 0,46) + 1/2 \times (0,5 - 0,46)(0,5 - 0,387) + 0,387(0,5 - 0,46)(0,387 - 0,46)[1 - (0,5 \times 0,386 - (1 - 0,386) \times 0,46)/(0,5 - 0,46)] \} = - 25,54 \{ - 0,0012 + 0,002 - 0,0035 \} = 0,07$$

$$\delta_1 = \left[ \frac{2}{3} (1 - \mu)^2 + k o (1 - 4v/3) \right] = 2/3 \times (1 - 0,7)^2 + 0,161(1 - 4 \times 0,46/3) =$$

$$0,123$$

$$R_{x'_{Pr}} = R_{x''_{Pr}} = 2[(1,946 + 0,07)/0,123 \times 2,98 + ((- 64,4) \times 0,387 \times (0,74) \times 3,2/2 \times 2,98)] = 2 \times [5,67 + (- 0,2)] = - 9,1 \text{ кН.}$$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | НАЗВАНИЕ ДОКУМЕНТА | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 44   |

### В. Реакции в шарнирах от действия силы $P_x$ .

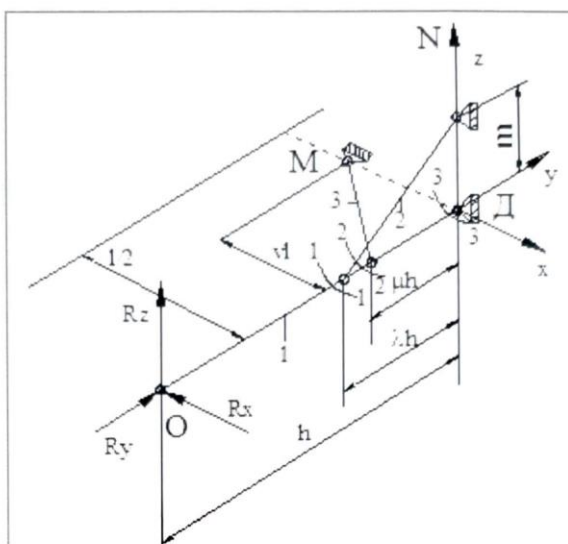
Боковые реакции от силы  $P_x$ :

$$\lambda h = 1.165 \quad \lambda = 0.36; \mu h = 0.54 \quad \mu = 0.17; m = 0.831.$$

$$R_{x'_{P_x}} = R_{x''_{P_x}} \cong b/h \times P_x/2 = (3.46/2.98) \times (-63.3/2) = -36.7 \text{ кН.}$$

Суммарные реакции в шарнирах  $O'$  и  $O''$

$$R_{x'} = \sum R_{x'_{P_i}} = 2.02 - 9.1 - 36.7 = -47.82 \text{ кН.}$$



**Рисунок 5.14 - Расчетная схема рамы**

Рама бульдозера состоит из толкающих брусьев 1, раскосов 2, и боковых тяг 3 (рис 5.15). Пусть в точке  $O$  – месте крепления толкающего бруса к трактору – действуют реакции  $R_x, R_y, R_z$ ;

Расчетными сечениями толкающего бруса будут: сечение I - I – у места крепления раскоса 2 к толкающему брусу; сечение II - II – у места крепления боковой тяги 3 к толкающему брусу; сечение III - III – у места крепления толкающего бруса к отвалу..

Т.к сечение бруса прямоугольное  $F = b \times h$ ,  $W_x = J_x/Y_{\max}$ ;  $J_x = bh^3/12$ ;  
 $Y_{\max} = h/2$   $W_x = bh^2/6$  ( $b = 0.12 \times 0.14$ )  $[\sigma] = 620 \text{ Мпа.}$

Напряжения в опасных точках расчетных сечений:

$$\sigma_1 \approx \frac{|R_x| h(1-\lambda)}{W_{x1}} + |R_z| \frac{h(1-\lambda)}{W_{x1}} + \frac{-\frac{\lambda h}{m} R_z + R_y}{F1} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_1 = [47.82 \times 2.89 \times (1 - 0.36)/W_z] + [18.2 \times 2.89(1 - 0.36)/W_x] + [(-0.36 \times 2.98 \times 18.2 / 0.83 + 161)/F] < [\sigma]$$

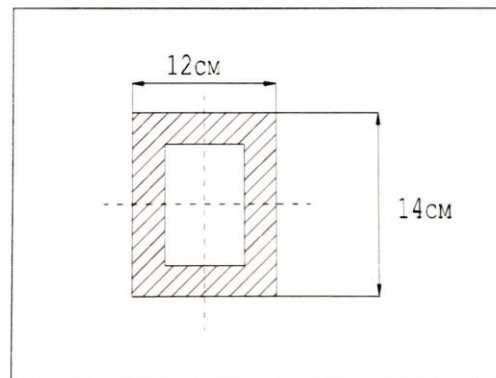
$$0.532/0.002 + 0.202/0.0023 + 0.138/0.0168 = 362 < 620$$

$$\sigma_2 \approx \frac{|R_x| h(1-\mu)}{W_{z_{II}}} + |R_z| \frac{h}{W_{x_{II}}} (1-\lambda) \frac{\mu}{\lambda} + \frac{R_y - \frac{\mu h}{v l} - \frac{\lambda h}{m} R_z}{F_{II}} \leq [\sigma]$$

$$[47.82 \times 2.89(1 - 0.36)/W_z] + [(18.2 \times 2.89 \times (1 - 0.36) \times 0.17)/(W_x \times 0.36)] + [(161 - 47.82 \times 0.17 \times 2.89/1.225 - 18.2 \times 1.165/0.831)/F] = 0.532/0.002 + 0.0158/0.0023 + 0.116/0.0168 = 266 + 6.87 + 6.9 = 280 < [\sigma]$$

$$\sigma_3 \approx \frac{R_y - R_x \frac{\mu h}{v l} - R_z \frac{\mu h}{m}}{F_1} \leq [\sigma]$$

$$[161 + 47.82 \times 0.54/1.225 + 18.2 \times 0.54/0.831]/0.0168 = 0.194/0.0168 = 11.5 \text{ см}$$



## 5.7 Расчет привода рабочего оборудования

Диаметр цилиндра (поршня) находим по рассчитанной ранее величине усилий (для цилиндров подъема-опускания отвала – 185 кН, для цилиндров поворота отвала – 150 кН) по формуле:

$$D = 2 \sqrt{\frac{R_{\text{пс}}}{\Delta p \cdot \eta_{\text{гмц}} \cdot \pi}}, \text{ м}$$

где  $\Delta p = (p_n - p_c)$  — перепад давления в каждом гидроцилиндре при работе под нагрузкой при номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля и установившейся температуре жидкости в гидросистеме 65°C; при расчете давление жидкости в сливном трубопроводе  $p_c$  можно принимать равным давлению срабатывания перепускного клапана (с учетом засорения фильтров), т. е.  $p_c = p_{\text{с.кл}} = 0,5$  МПа; тогда перепад давления  $\Delta p = 15,6 - 0,5 = 15,1$  МПа;  $\eta_{\text{гмц}}$  — гидромеханический КПД цилиндра, выбираем по таблице в зависимости от установившегося давления в гидросистеме — для давления  $\Delta p = 15,1$  МПа принимаем значение коэффициента  $\eta_{\text{гмц}} = 0,95$ .

Диаметр гидроцилиндров подъема-опускания отвала:

$$D_{1,2} = 2 \sqrt{\frac{185 \cdot 10^3}{15,1 \cdot 10^6 \cdot 0,95 \cdot 3,14}} = 0,062 \text{ м} = 62 \text{ мм}$$

Диаметр гидроцилиндров поворота отвала:

$$D_{3,4} = 2 \sqrt{\frac{150 \cdot 10^3}{15,1 \cdot 10^6 \cdot 0,95 \cdot 3,14}} = 0,057 \text{ м} = 57 \text{ мм}$$

Корректируем диаметры цилиндра  $D$  и штока  $d$  с учетом рекомендуемых значений.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 49   |

Окончательно принимаем следующие диаметры цилиндров:  
 $D = 63 \text{ мм}$ ,  $d = 20 \text{ мм}$ .

Уплотнение поршней гидроцилиндров выполняется двусторонней самоподжимной (посредством давления рабочей жидкости) манжетой по зеркалу цилиндра и резиновым кольцом в месте сопряжения поршня со штоком.

Уплотнение штока цилиндра: защитное резиновое кольцо-грязесъёмник трапецеидального сечения, уплотнительное резиновое кольцо круглого сечения и односторонняя самоподжимная манжета.

На штоке рядом с поршнем устанавливается демпфер, смягчающий удар поршня в переднюю крышку в конце его полного хода, принцип действия которого основан на дросселировании рабочей жидкости на сливе.

Условие прочности стенок цилиндра определяется по формуле Ляме:

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

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

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

$$\delta_{\min} = \frac{D}{2} \cdot \left[ \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_{\max} \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p_{\max} \cdot (1 + \mu)}} - 1 \right] = \frac{0,063}{2} \left[ \sqrt{\frac{170 \cdot 10^6 + 20 \cdot 10^6 \cdot (1 - 2 \cdot 0,29)}{170 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,29)}} - 1 \right] =$$

$$0,0035 \text{ м} = 3,5 \text{ мм},$$

где  $[\sigma_p]$  — допускаемое напряжение материала цилиндра при растяжении по окружности (на продольный разрыв) под действием внутреннего давления, Па: для стального литья (стали 35Л и 40Л) принимается равным 30...35% временного сопротивления  $\sigma_{\sigma}$ , т. е.  $(0,3...0,35) \cdot 550 \cdot 10^6 = (165...195) \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;

Окончательно принимаем следующие диаметры цилиндров:  
 $D = 63 \text{ мм}$ ,  $d = 20 \text{ мм}$ .

Уплотнение поршней гидроцилиндров выполняется двусторонней самоподжимной (посредством давления рабочей жидкости) манжетой по зеркалу цилиндра и резиновым кольцом в месте сопряжения поршня со штоком.

Уплотнение штока цилиндра: защитное резиновое кольцо-грязесъёмник трапецеидального сечения, уплотнительное резиновое кольцо круглого сечения и односторонняя самоподжимная манжета.

На штоке рядом с поршнем устанавливается демпфер, смягчающий удар поршня в переднюю крышку в конце его полного хода, принцип действия которого основан на дросселировании рабочей жидкости на сливе.

Условие прочности стенок цилиндра определяется по формуле Ляме:

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

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

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

$$\delta_{\min} = \frac{D}{2} \cdot \left[ \sqrt{\frac{[\sigma_p] + p_{\max} \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma_p] - p_{\max} \cdot (1 + \mu)}} - 1 \right] = \frac{0,063}{2} \left[ \sqrt{\frac{170 \cdot 10^6 + 20 \cdot 10^6 \cdot (1 - 2 \cdot 0,29)}{170 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6 \cdot (1 + 0,29)}} - 1 \right] =$$

$$0,0035 \text{ м} = 3,5 \text{ мм},$$

где  $[\sigma_p]$  — допускаемое напряжение материала цилиндра при растяжении по окружности (на продольный разрыв) под действием внутреннего давления, Па: для стального литья (стали 35Л и 40Л) принимается равным 30...35% временного сопротивления  $\sigma_v$ , т. е.  $(0,3 \dots 0,35) \cdot 550 \cdot 10^6 = (165 \dots 195) \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;

$\mu$  – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона), для стали – 0,29.

К найденной по формуле минимальной толщине стенки  $\delta_{min}$  цилиндра прибавляется припуск на механическую обработку металла. Для диаметров цилиндра  $D = 30...180$  мм он принимается равным 0,5...1,0 мм.

$$\delta = \delta_{min} + \Delta = 0,0035 + 0,001 = 0,0045 \text{ м},$$

$$D_n = 0,063 + 2 \cdot 0,0045 = 0,072 \text{ м}.$$

Трубопроводы являются тонкостенными.

Расчёт на продольный разрыв прямых тонкостенных трубопроводов ( $D_n / \delta > 16$ ) нагруженных внутренним давлением  $p_{max}$ , производится по условию прочности:

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

где  $D_n$  - наружный диаметр трубопровода;

$$\sigma_{1,2} = \frac{19,5 \cdot 10^6 \cdot 72}{2 \cdot 3,5} = 201 \text{ МПа} \leq [\sigma_p] = 240 \text{ МПа},$$

Условия прочности выполнены.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 52   |

## 5.8 Технико-экономический расчет

В состав сметных расценок на эксплуатацию машин входят следующие статьи расходов:

$$C_{\text{маш}} = A + P + З + Э + С + Г + П, \text{ (руб./маш-ч)},$$

Где:

$A$  – амортизационные отчисления на полное восстановление;

$P$  – затраты на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание;

$З$  – оплата труда рабочих;

$Э$  – затраты на энергоносители;

$С$  – затраты на смазочные материалы;

$Г$  – затраты на гидравлическую и охлаждающую жидкость;

$Б$  – затраты на замену быстроизнашивающихся деталей;

*Амортизационные отчисления на полное восстановление.*

Нормативный показатель амортизационных отчислений на полное восстановление ( $A_{\text{см}}$ ):

$$A_{\text{см}} = \frac{B_c \cdot H_a \cdot K_a}{T \cdot 100} = \frac{7130000 \cdot 12,5 \cdot 1,3}{2300 \cdot 100} = 503,75 \text{ руб/маш - ч},$$

Где:

$B_c$  – средняя восстановительная стоимость:

$$B_c = Ц \cdot K_{з.д} = 6200000 \cdot 1,15 = 7130000 \text{ руб.},$$

$K_{з.д}$  – коэффициент затрат на первоначальную доставку (1,15);

$H_a$  – норма амортизационных отчислений, % год (12,5%);

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 53   |

$K_d$  – коэффициент к норме амортизационных отчислений составляет – 1,3.

$T$  – среднегодовой режим эксплуатации машины 2300 маш-ч/год.

*Затраты на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание.*

Нормативный показатель затрат на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание:

$$P = \frac{B_c \cdot H_p}{T \cdot 100} = \frac{7130000 \cdot 2}{2300 \cdot 100} = 62 \text{ руб/маш} - \text{ч},$$

где,  $H_p$  – годовая норма затрат на ремонт и техническое обслуживание, %/год,

$$H_p = \sum(P+TO) \cdot 100 / \sum B_c = 109988 \cdot 100 / 7130000 = 1,5\%,$$

где,  $\sum(P+TO)$  – сумма среднегодовых затрат на Р и ТО, которые включают:

а) затраты на приобретение запасных частей, сменных узлов и агрегатов с учетом затрат на их доставку:

- на эксплуатацию  $(189000 \cdot 0,09 \cdot 1,15) = 19562$  руб.,

- на капитальный ремонт  $(189000 \cdot 0,12 \cdot 1,15) = 26082$  руб.

То же, в расчете на год:

$$(P+TO) = 19562 + (26082/6000 \cdot 2300) = 19562 + 9998 = 29560 \text{ руб.}$$

б) стоимость ремонтных материалов с учетом затрат на их доставку по фактическим данным (10% от стоимости запасных частей):

$$(P+TO) II = 29560 \cdot 0,1 = 2956 \text{ руб.}$$

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  | 54   |

в) оплата труда рабочих:

Трудоемкость выполнения ТО-1 и ТО-2:

$$\left( \frac{2300}{50} \cdot 5 + \frac{2300}{250} \cdot 15 \right) = 368 \text{ чел - ч;}$$

Трудоемкость выполнения текущих ремонтов:

$$\frac{2300}{1000} \cdot 420 = 966 \text{ чел - ч;}$$

Трудоемкость выполнения капитальных ремонтов:

$$\frac{2300}{6000} \cdot 730 = 280 \text{ чел - ч;}$$

Итого: 1614 чел-ч.

Средний квалификационный разряд рабочих – 4.

Оплата труда рабочего 4 разряда в соответствии с отраслевым тарифным соглашением составляет 20 руб/чел-ч.

Оплата труда ремонтных рабочих на год эксплуатации:

$$(P+TO) III = (1614 \cdot 20) = 32280 \text{ руб.}$$

Оплата труда ремонтных рабочих на 1 маш-ч:

$$32280 / 2300 = 14,03 \text{ руб.}$$

г) амортизация и затраты на эксплуатацию ремонтных баз и технологического оборудования, включая передвижные ремонтные мастерские по фактическим данным (40% от оплаты труда рабочих):

$$(P+TO) IV = (32280 \cdot 0,4) = 12912 \text{ руб.}$$

д) накладные расходы по организации, осуществлению технического обслуживания и ремонта машин принимаются по индивидуальной норме в размере 70% от фонда оплаты труда ремонтных рабочих;

$$(P+TO) V = (32280 \cdot 0,7) = 22596 \text{ руб.}$$

е) прибыль принимается в индивидуальном размере (30%) от фонда оплаты труда:

$$(P+TO) VI = (32280 \cdot 0,3) = 9684 \text{ руб.}$$

$$\Sigma(P+TO) = 29560 + 2956 + 32280 + 12912 + 22596 + 9684 = 109988$$

$$H_p = 1,5\%.$$

#### *Оплаты труда машиниста*

Количество – 1 чел., квалификационный разряд – 6.

Нормативный показатель затрат на оплату труда машиниста (З), определяется так:

$$З = \Sigma(Z_p \cdot t),$$

$Z_p$  – оплата труда рабочего 6 разряда, определяемая на основе тарифных ставок, устанавливаемых отраслевым тарифным соглашением. Показатель  $Z_p$  для рабочего 6 разряда составляет 30руб./чел-ч;

$t$  – затраты труда рабочего 6 разряда, 1 чел.-ч/маш-ч.

$$З = 30 \cdot 1 = 30 \text{ руб./маш-ч.}$$

### *Затраты на дизельное топливо*

$$\mathcal{E}_d = H_d \cdot C_d \cdot Z_{d,d},$$

$H_d$  – усредненный нормативный показатель расхода дизельного топлива для экскаваторов (по сборнику норм и расценок на эксплуатацию строительных машин СНиП 4.03-91).

Затраты на дизельное топливо в стоимостной форме:

$C_d$  – региональная рыночная цена приобретения дизельного топлива нефтеналивная база (автозаправка), руб/кг;

$Z_{d,d}$  – затраты на доставку дизельного топлива до заправляемой машины, сложившееся в регионе, руб/кн.

$$\mathcal{E}_d = 10,9 \cdot 37 \cdot 1,15 = 464 \text{ руб./маш-ч.},$$

### *Затраты на смазочные материалы*

Нормативный показатель затрат на смазочные материалы определяется с использованием средневзвешенной рыночной текущей цены по всем видам смазочных материалов:

$$C_d = 0,063 \cdot C_{c.m.} \cdot H_d \cdot K_n,$$

где: 0,063 – коэффициент, учитывающий расход смазочных материалов;

$C_{c.m.}$  – средняя региональная рыночная цена на смазочные материалы с учетом затрат на их доставку, руб/кг;

$H_d \cdot K_n$  – норма расхода дизельного топлива для скреперов с учетом затрат, связанных с работой пускового двигателя, кг/маш.-ч.;

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 57   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

Нормативный показатель затрат на смазочные материалы:

$$C_d = 0,063 \cdot 20,0 \cdot 10,9 = 13,7 \text{ руб/маш-ч.}$$

*Затраты на гидравлическую жидкость*

Нормативный показатель затрат на гидравлическую жидкость (Г):

$$\Gamma = \frac{O \cdot D_{\Gamma} \cdot P_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma} \cdot K_{\Gamma.Г.}}{T} = \frac{34 \cdot 0,87 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 1,2}{2300} = 0,46 \text{ руб/маш - ч,}$$

где,  $O$  – средний показатель вместимости гидравлической системы самоходного скрепера;

$D_{\Gamma}$  – плотность гидравлической жидкости;

$K_d$  – коэффициент доливок гидравлической жидкости;

$P_{\Gamma}$  – периодичность полной замены гидравлической жидкости принимается равным 2;

$C_{\Gamma}$  – цена приобретения гидравлической жидкости, руб/кг;

$K_{d.г.}$  – коэффициент затрат на доставку гидравлической жидкости;

$T$  – годовой режим работы равен 2300 маш-ч/год.

$$C_{\text{маш}} = 503,75 + 62 + 30 + 464 + 13,7 + 0,46 + 18,76 = 1093 \text{ руб/маш-ч.}$$

Стоимость разработки одного кубометра грунта:

$$C_{I\text{м}}^3 = C_{\text{маш}}/P_{\Gamma},$$

$$C_{I\text{м}}^3 = 1093 / 159 = 6,9 \text{ руб/м}^3.$$

Исходя из произведённых технико-экономических расчётов стоимость разработки одного кубического метра материала будет составлять 6,9 рублей в заданных условиях.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 57   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

## 6. Автоматизация рабочего процесса

Применение автоматизированных машин в строительстве не только облегчает труд машинистов, улучшает условия и культуру труда, обеспечивает безопасность работы, но и повышает качество строительных работ и производительность труда. Автоматизация представляет собой полное или частичное применение комплекса средств автоматики, телемеханики и вычислительной техники.

Для дорожных машин главным направлением является автоматизация управления рабочими органами.

В отрасли строительного и дорожного машиностроения разработан ряд агрегатированных комплексов аппаратуры (АКА), в которых системы регулирования и управления различными машинами и установками состояются из минимального набора, унифицированных приборов, что обеспечивает высокую серийность их производства и надежность в работе. К таким унифицированным системам относятся: «АКА-Дормаш» — для автоматизации саморегулирования рабочих органов и системами управления дорожно-строительными машинами.

Система «Автоплан-10» предназначена для автоматической стабилизации положения отвала бульдозера с гидравлическим управлением рабочего органа.

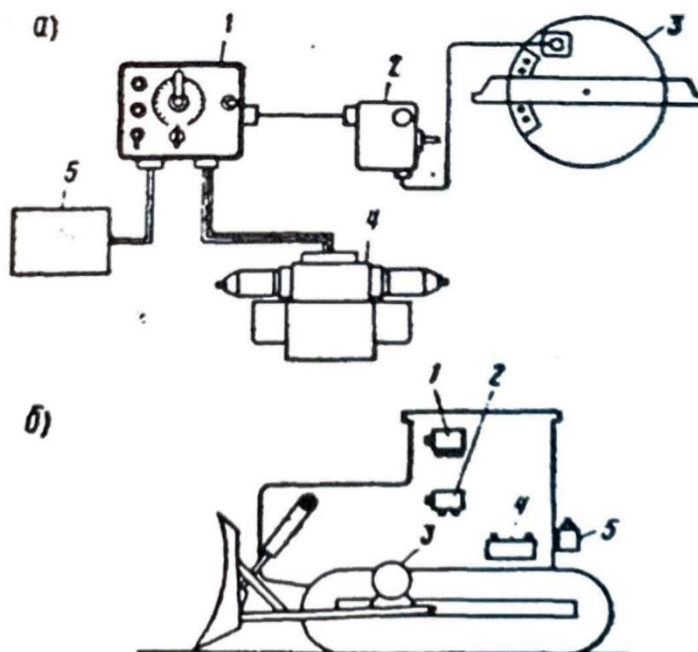


Рис.14. Аппаратура системы «Автоплан-10» (а) и ее расположение на бульдозере (б).

Аппаратура системы обеспечивает:

- автоматическую стабилизацию углового положения толкающей рамы отвала относительно горизонтальной плоскости в диапазоне  $\pm 30^\circ$ ;
- дистанционное (кнопочное) изменение заданного угла толкающей рамы отвала в диапазоне  $\pm 5^\circ$ .

В состав аппаратуры «Автоплан-10» (рис.5) входят: блок управления 1, пульт управления 2, датчик углового положения 3, исполнительное устройство – электрогидравлический золотник 4 типа ЗСУ-5. Питание системы осуществляется от бортового аккумулятора 5.

Установка задания производится задатчиком на блоке управления; ручное управление (кнопочное) – с пульта управления.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 59   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

## Заключение

Бульдозеры занимают одно из ведущих мест среди всей имеющейся строительной техники на данный момент времени. Они применяются в большинстве проводимых земляных работах. Поэтому рассмотрение бульдозеров, как строительной техники крайне актуально.

В ходе выполнения данного курсового проекта был рассмотрен такой вид землеройно-транспортной техники, как бульдозер с поворотным отвалом. Были рассмотрены основные параметры машины, принцип и устройство работы.

- Далее была выбрана базовая машина, а далее рассчитаны:
- параметры рабочего оборудования и мощность двигателя;
  - устойчивость машины в различных положениях;
  - нагрузки на рабочее оборудование;
  - прочность рабочего оборудования;
  - привод рабочего оборудования;
  - технико-экономические показатели работы машины.

Рассмотрена система автоматизации рабочего процесса для облегчения труда оператора и повышения эффективности работы машины.

Благодаря рассмотрению конструкции машины, выявлены основные достоинства и недостатки техники данного вида. Рассмотрены предлагаемые улучшения и тенденции развития этой техники.

|      |      |          |         |      |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
|      |      |          |         |      |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  | 60   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |      |

## Список использованной литературы

1. Алексеева Т.В. «Машины для земляных работ» М. Машиностроение, 1972.
2. Гаркави Н. Г., Аринченков В. И., Карпов В. В., Гарбузов З. Е., Батулов А. И., Донской В. М. «Машины для земляных работ»– М.: Высшая школа, 1982. – 335 с.
3. С.В. Репин, А.В. Зазыкин; СПбГАСУ. «Машины для земляных работ: наглядное пособие по дисциплине «Машины для земляных работ»» – СПб., 2012 – 59 с.
4. А.В. Русинов. «Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Теория наземных транспортно-технологических машин»» // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2016. – 32 с.
5. Чмиль В.П. Журнал "Строительные и дорожные машины" 2010. № 2. С. 29–31.

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | 61   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |