**Практическая работа №3**

**Основы расчета активных рабочих органов машины МКТ**

Цель работы**:** изучить назначение и конструкцию машины для ремонта земляного полотна МКТи методику расчета рабочих параметров ротора

**Неисправности земляного полотна и машины для его ремонта**

Земляное полотно – это основание железнодорожного пути. В процессе эксплуатации на него оказываются различные воздействия: динамическое и статическое силовое воздействие от поездов; метеорологическое воздействие факторов окружающей среды (дождь, снег, ветер, низкие и высокие температуры и др.); воздействие близлежащих водоемов и рек, вызывающих подмывание земляного полотна; зарастание земляного полотна растительностью (трава, кустарники, деревья); засорение поверхности и кюветов мусором, сбрасываемым с пассажирских поездов, сыпучими грузами вследствие выветривания и высыпания из грузовых поездов. В результате снижается устойчивость земляного полотна, оно под действием нагрузок начинает деформироваться, что приводит, в свою очередь, к деформациям верхнего строения пути, нарушению безопасности движения поездов. К основным неисправностям земляного полотна (рис. 4.1) относятся балластные корыта, балластные ложи, карманы и др. Замерзающая зимой вода образует пучины. Для исправного содержания земляного полотна надо отводить из него воду, устраивая дренажи, прорези, штольни и др., которые необходимо содержать в исправном состоянии и очищать от наносимого ила, песка и грязи. Поперечный профиль земляного полотна должен соответствовать проектному положению, для чего надо срезать приподнятые и заросшие бровки, планировать обочины, в горных условиях укреплять откосы, выемки и удалять каменные осыпи. Периодически возникает необходимость регулировать растительный покров в зоне отвода, который нарушает видимость сигналов, состояния пути, перемещающихся рядом с путем объектов и приводит к нарушению стабильности балластной призмы.

Для механизации работ по ремонту земляного полотна используются общестроительные (экскаваторы, бульдозеры, скреперы, автосамосвалы и др.) и специализированные путевые машины. К последней группе машин относятся: путевые струги снегоочистители СС-1, СС-М и СС-3; машины для ремонта земляного полотна с фрезерно-роторным рабочим органом СЗП-600Р, МКТ, МНК-1, КОМ-300; машины для сооружения поперечных дренажей; машины для регулирования растительного покрова в зоне полосы отвода и на пути (кусторезы СП-93 и СП-93Р, машина для подавления растительности МПР, машины для опрыскивания растительности гербицидами РОМ-3М, РОМ-4 и др.), машины для очистки кюветов на базе промышленных тракторов.

Последовательность выполнения работы:

1.Ознакомиться с конструктивными особенностями машины МКТ, рабочим оборудованием, ее технологическими возможностями

2.По приведенной методике определить рабочие параметры ротора

**Кюветно-траншейная машина МКТ**

Кюветно-траншейная машина МКТ, выпускаемая ЗАО «Тулажелдормаш», имеет аналогичное СЗП-600Р назначение и работает в составе с тяговым модулем ПТМ-630 или ТЭУ-630 и СПС для перевозки засорителей. Экипажная часть машины содержит раму *27* (рис. 4.15) с двухосной *39* (типа 18-100) и трехосной *14* (типа 18-102) ходовыми тележками, оснащенными системой блокировки рессор.

E:\Попович\ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ.Попович и Бугаенко\УМЦ ФАЖТ_Рисунки по главам ПМ\Рисунки_Глава-4_Машины для сод_рем_зем_полотна\4.15_Общий вид машины МКТ для нарезки кюветов.TIF

Рис. 3.1 Кюветно-траншейная машина МКТ: 1 – кабина управления; 2 и 3 – обечайка ротора и ковши; 4 – рама ротора; 5 – конвейер сектора разгрузки; 6 – механизм поворота ротора в плане; 7 – направляющие ролики; 8 – отклоняющие блоки; 9 – канаты; 10 – стрела; 11 и 12 – направляющие и гидроцилиндры привода поворота ротора; 13 – клеть; 14 – укосина; 15 – оси крепления стрелы; 16 – противовес; 17 и 19 – гидроцилиндр и подвеска разгрузочного конвейера; 18, 31 и 32 – разгрузочный, основной и очистной конвейеры; 20 и 21 – гидроцилиндры и поворотная секция разгрузочного конвейера; 22 – опора разгрузочного конвейера; 23 – автосцепки; 24 и 39 – трехосная и двухосная ходовые тележки с механизмом блокировки рессор; 25 – гидроцилиндры поворота клети; 26 – отбойник грунта; 27 – отвалы планировочного плуга; 28 – гидроцилиндры изменения наклона стрелы; 29 – балка; 30 и 33 гидроцилиндры наклона отвалов и балки; 34 – гидроцилиндр поворота балки в плане; 35 и 36 – корневой и опорный кронштейны плуга; 37 – привод вращения ротора; 38 – рама машины; 40 – блок соединительных розеток

Рабочее оборудование включает многоковшовый ротор *2* с *10* ковшами *3* бескамерной конструкции, стрелу *10*, соединенную с поворотной клетью *13* через оси *15* и гидроцилиндры *28*. Клеть установлена на раме *38* через опорно-поворотное устройство и может поворачиваться вместе со стрелой *10* в плане двумя гидроцилиндрами *25*. Ротор *2* также может поворачиваться на угол 180° с помощью механизма 6, приводимого гидроцилиндрами *12* через трособлочную передачу *8*, *9* и *11*. На стреле *10* установлен противовес *16*. В нижней части стрелы установлены основной *31* и очистной *32* конвейеры. Материал с основного конвейера через отбойник *26* поступает на поворотный разгрузочный конвейер *18*, который также может поворачиваться в плане и в вертикальной плоскости гидроцилиндром *17* через растяжку *19*. Конвейер имеет концевую секцию *21*, которая поднимается в рабочее и опускается в транспортное положение гидроцилиндрами *20*. Это исключает применение вагона прикрытия.

Ковшевой ротор *2* устанавливается на раме *4* через направляющие ролики *7* и приводится открытой зубчатой передачей *37* через редуктор и электродвигатель. В верхней части рамы установлен поперечный конвейер *5* передачи выкопанного грунта на основной конвейер.

Электрические системы машины и тягового модуля соединяются кабелями через блок розеток *40*.

**. Определение рабочих параметров ротора**

Основным рабочим органом для нарезки и очистки кюветов является роторное устройство бескамерной конструкции с подъемом выбранного грунта по запорному сектору и гравитационной разгрузкой ковшей в секторе разгрузки через неподвижный лоток на промежуточный конвейер. Особенностью роторного устройства является его подвижность в горизонтальной и вертикальной плоскости, что дает возможность формировать траншеи необходимой формы поперечного сечения. Вращение ротора сочетается с его поступательной подачей при движении состава с рабочей скоростью.

*E:\Попович\ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ.Попович и Бугаенко\УМЦ ФАЖТ_Рисунки по главам ПМ\Рисунки_Глава-4_Машины для сод_рем_зем_полотна\4.11_Стрела с ротором машины СЗП-600.TIF*

Рис. 3.2 Роторный рабочий орган машины : а – вид сбоку, б – механизм поворота ротора в плане; 1 – ось крепления стрелы; 2 и 6 – гидроцилиндры поворота в плане и наклона ротора; 3 – кронштейны крепления гидроцилиндров 15 на стреле; 4, 11, 21 и 23 – блоки и направляющие канатов механизма поворота ротора в плане; 5 – стрела; 7 – рама ротора; 8 и 9 – кронштейны наклона и крепления рамы ротора; 10 – многоковшовый ротор; 12 – канаты; 13 и 14 – основной и очистной конвейеры; 15 – гидроцилиндры наклона стрелы; 16 и 17 – приводные барабаны очистного и основного конвейеров; 18 – направляющие; 19 – коуши; 20 – натяжные устройства; 22 – ось поворота ротора в плане;

E:\Попович\ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ.Попович и Бугаенко\УМЦ ФАЖТ_Рисунки по главам ПМ\Рисунки_Глава-4_Машины для сод_рем_зем_полотна\4.13_Общий вид ротора СЗП-600.TIF

Рис. 3.3 Схема работы ротора; а, б – виды сбоку и в разрезе по ротору; в – механизм закрепления ротора и г – форма режущей кромки ковша; 1 и 3 – ковш после разгрузки и ковш на запорном секторе; 2 – сектор разгрузки; 4 – запорный сектор; 5 – основной конвейер; 6 – ротор; 7 – разгрузочный лоток; 8 – поворотный кронштейн крепления рамы ротора; 9 – ось поворота ротора; 10 – кронштейн наклона ротора; 11 и 12 – гидромотор и планетарный редуктор привода вращения ротора; 13 – гидроцилиндр наклона ротора; 14 – рама ротора; 15 – стрела

В зависимости от положения ротора относительно траншеи реализуются разные схемы копания . При положении плоскости ротора параллельно траншее схема копания аналогична схеме копания роторного траншейного экскаватора (разработка пионерной траншеи шириной *B*т, м и глубиной *H*т, м ), при положении указанной плоскости перпендикулярно траншее – схема аналогична роторному экскаватору поперечного копания (расширение и углубление траншеи). При других положениях ротора анализ процесса копания грунта предусматривает использование более сложных расчетных схем.

E:\Попович\ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ.Попович и Бугаенко\УМЦ ФАЖТ_Рисунки по главам ПМ\Рисунки_Глава-4_Машины для сод_рем_зем_полотна\4.16_Расчетная схема к определ_усилия копанияния.TIF

Рис. 3.4. Расчетная схема к определению усилий копания многоковшового ротора при нарезке прямоугольной траншеи

Наибольшая нагрузка на ротор может возникнуть при разработке прямоугольной пионерной траншеи, так как при этом наблюдается энергоемкий процесс блокированного резания грунта передней и боковыми кромками ковшей. В остальных случаях происходит полублокированное резание грунта передней и одной из боковых кромок. Определим геометрические параметры ротора, его производительность, действующие силы и энергетические параметры по методике [33] для этого расчетного случая.

Размеры ковшей ротора рекомендуется определять по формулам: , ,  (*b*к, *h*к, *l*к и *t*к – соответственно, ширина, высота и длина ковша и шаг расположения ковшей, м). В случае конструкции ротора с расположением его привода по центру диаметр ротора *D*р по концам ковшей должен быть достаточным, чтобы гарантировать зазор между нижней частью привода и грунтом, иначе говоря, радиус ротора *R*р, м должен быть больше глубины траншеи *H*т.

Для гравитационного способа разгрузки угловая частота вращения ротора ωр, рад/с не должна превышать критического значения ωкр, рад, определяемого из условия начала падения частицы массой *m*, кг под действием веса в верхней точке *A* ротора. В этой точке на нее действует также центробежная сила, поэтому:

 или 

где *g* – ускорение свободного падения, м/с2.

При бескамерной конструкции ротора его угловая частота принимается , а предельное значение составляет .

Техническая производительность ротора по грунту в траншее с учетом его разрыхления и наполнения ковшей, м3/ч:

 3.1

где *q*к – емкость ковша, м3 (*q*к = 0,035 м3 – );

*Z*к – число ковшей;

*K*н – коэффициент наполнения ковшей грунтом (*K*н = 0,6 – 0,8);

*K*р – коэффициент разрыхления грунта при копании (*K*р = 1,26 – в среднем).

При заданной производительности формула (3.1) может использоваться для определения емкости и числа ковшей. При увеличении числа ковшей уменьшается неравномерность нагрузки на ротор, связанная с поочередным выходом ковшей из забоя. Для ротора с 12 ковшами коэффициент неравномерности нагрузки достигает *K*нн = 1,58 – 1,81. Применение скосов боковых кромок ковшей позволяет уменьшить неравномерность нагрузки в 1,2 – 1,3 раза. При увеличении числа ковшей свыше 12 неравномерность нагрузки уменьшается незначительно.

При известных геометрических характеристиках ротора формула (3.1) может быть использована для определения минимальной по условию заданной производительности частоты вращения ротора. При прямоугольной траншее рабочая скорость движения машины, м/ч:



В случае установки ротора под углом к направлению движения производительность определяется по поперечной площади срезаемой стружки, равной разности между площадью поперечного сечения траншеи после и до прохода, умноженной на скорость движения машины.

Возможность разгрузки ковшей ротора определяется величинами углов: ϕрс – разгрузочного сектора, рад и ϕзс – запорного сектора, рад. В точке *B* частица грунта массой *m*, кг должна начинать падать вниз. На частицу, помимо силы веса, действует также центробежная сила *F*ц, Н. Движение частицы на лоток начнется в том случае, если радиальная составляющая разложения силы веса будет больше центробежной силы. Проведя анализ действующих сил, получается выражение для углов запорного сектора ϕзс и сектора разгрузки ϕлс, рад:

 

где *R*рс – радиус внешней поверхности запорного сектора, м.

Фактическая разгрузка ковша начинается с углом запаздывания Δϕ = 0,12 – 0,30 рад (7 - 17°), который зависит от крупности частиц грунта, его характеристик, конструкции ковшей ротора. При расчете угла сектора разгрузки анализируются также траектории полета частиц с учетом дополнительного наклона стрелы ротора. Угол ϕрс должен быть достаточным, чтобы не происходило перебрасывание частиц впереди ротора. Практически, для большинства случаев принимается ϕрс = 1,05 – 2,10 рад (60 – 120°).

Для расчета прочности ротора и параметров привода вращения и стрелы необходимо определить силы, действующие на ротор при копании. В контакте режущих кромок и грунта, согласно теории резания грунтов, рассматриваются силы, кН: *P*01 – касательная к траектории копания; *P*02 – действующая нормально к линии действия касательной силы; *P*03 – действующая перпендикулярно к плоскости рабочего органа и возникающая при поперечном копании. Для анализируемого случая разработки прямоугольной траншеи на режущие кромки действуют расчетные силы *P*01 и *P*02.

Считаем, что максимальное усилие копания действует на ковш, выходящий из траншеи (рис. 4.17). Его величина, кН:



где *k*1 – удельный коэффициент сопротивления резанию при проходе прямоугольной траншеи, кН/м2;

*S*п – подача ротора за время последовательного выхода из забоя двух зубьев, м;

α0 – максимальный центральный угол поворота ковша в забое, рад.

По опытным данным *k*1 = 250 – 270 кН/м2 (в среднем 260 кН/м2) – для мягких грунтов и *k*1 = 420 – 450 кН/м2 (в среднем 435 кН/м2) – для грунтов средней крепости.

Подача ротора за время выхода последовательных ковшей из забоя:



Центральный угол выхода ковша из забоя, рад:



Суммарное касательное усилие, действующее на все зубья ковшей, находящихся в забое, кН и составляющая крутящего момента, кНм:

 и ,

где

Δα – центральный угол между двумя смежными ковшами, Δα = 2π/Zк, рад;

*i* = 0, 1, …, *N* – номера ковшей в забое, начиная от самого верхнего и кончая пересекшим вертикальную плоскость сечения траншеи.

При разработке траншеи энергия затрачивается на подъем грунта до верхнего уровня. При подъеме совершается работа по преодолению сил тяжести в потенциальном поле, всегда направленных вертикально, поэтому мощность привода, необходимая для подъема грунта, кВт:



где ρ – плотность грунта в траншее (ρ = 1700, 1800 и 1900 кг/м3 – соответственно, для грунтов I, II и III групп;

*H*п – высота подъема грунта относительно уровня верха траншеи, м.

В рабочем процессе энергия также расходуется на трение грунта, находящегося в ковшах по запорному сектору. Однако этот расход не превышает 2 – 3 % общего расхода энергии, поэтому может не приниматься в расчет [33]. Тогда требуемая мощность привода вращения, кВт:



где η – кпд передачи вращения ротора, в среднем η = 0,7 – 0,9.

По известным формулам технической механики можно определить все остальные параметры привода.

**Расчет пропускной способности**

**приемно-передающего устройства ротора**

В качестве устройства для передачи разработанного грунта на транспортер используется наклонный лоток. Его пропускная способность должна с коэффициентом запаса превышать техническую производительность ротора.

E:\Попович\ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ.Попович и Бугаенко\УМЦ ФАЖТ_Рисунки по главам ПМ\Рисунки_Глава-4_Машины для сод_рем_зем_полотна\4.17_Расчетн_схема к определ_пропуск_лотка.TIF

Рис. 3.5. Расчетная схема к определению пропускной способности разгрузочного лотка ротора

В конце спуска частица (точка *3* на рис. 3.5), согласно теореме живых сил, приобретает скорость, м/с:



где *L* – длина спуска с учетом конической наклонной части ротора, м;

*f*гс – коэффициент трения грунта по стали (*f*гс ≈ 0,4);

α – угол наклона спуска к горизонту, рад;

*V*2п – начальная скорость грунта на спуске, м/с (ввиду малости высоты падения *H* грунта можно принять, что *V*2п = 0).

Для того чтобы обеспечить ускоренное движение грунта tgα > *f*гс. В противном случае требуется устройство активизации движения грунта по спуску. Техническая производительность лотка, м3/ч:



где *b*л – ширина сечения лотка, м; *h*сл – толщина слоя грунта на лотке, при которой грунт не зависает, м

**Контрольные вопросы:**

1.Какие машины используются для ремонта земляного полотна

2.Что входит в состав рабочего оборудования МКТ

3.В чем заключается особенность конструкции роторного устройства

4.При каких условиях работы возникает максимальная нагрузка на ротор

5. Величиной каких углов определяется возможность разгрузки ковшей ротора

5.Откаких параметров зависит техническая производительность ротора

6.Какими параметрами определяется техническая производительность разгрузочного лотка ротора

7.Каким условием определяется ускоренное движение грунта по разгрузочному лотку