

Ю. Г. МАНУЙЛОВ,  
З. Е. ГАРБУЗОВ,  
В. М. ДОНСКОЙ

---

# МАШИНЫ для мелиоративного строительства

---

С п р а в о ч н и к



Москва «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1978

рабочего органа (датчик взаимного положения ДВП). Датчики ДГ и ИДУ расположены на раме рабочего оборудования, а датчики 2ДУ и ДВП — на трубокладке.

Наличие системы автоматического выдерживания заданного уклона дна траншеи, а также возможность рытья траншей полного профиля глубиной до 4 м исключили сложную и дорогую технологическую операцию по выравниванию и планировке трассы, высвободили занятые на этой работе скреперы, бульдозеры и грейдеры.

Производительность и необходимая мощность привода дрепоукладчиков определяются аналогично производительности и мощности привода траншейных экскаваторов, рассмотренных выше.

### 3. РОТОРНЫЕ ТРАНШЕЙНЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Роторные экскаваторы применяют главным образом для траншей большой протяженности, преимущественно вне населенных пунктов, когда не требуется частая переброска машин с одного участка на другой.

По сравнению с цепными траншейными экскаваторами у роторных экскаваторов более высокий КПД, менее энергоемкий процесс разработки грунта из-за отсутствия цепей, работающих в абразивной среде; более высокая производительность вследствие повышенного числа ссыпок, которая обеспечивается равномерностью вращения ротора и лучшими условиями опорожнения ковшей. Наряду с этим у роторных экскаваторов большие габаритные размеры и масса, чем у цепных, что объясняется большими размерами и массой ротора по сравнению с цепным рабочим органом для одних и тех же размеров отрываемых траншей.

Роторный траншейный экскаватор состоит из двух основных частей: тягача и рабочего оборудования. Гусеничные тягачи роторных экскаваторов выполняют на базе серийно выпускаемых тракторов. Для обеспечения навески рабочего оборудования базовые тракторы дорабатывают: изменяют их компоновку, устанавливают гидросистему управления рабочим оборудованием, для получения скоростей рабочего хода в трансмиссию вводят ходоуменьшители, на тягачах экскаваторов устанавливают дизель-генераторные станции и др.

Рабочее оборудование роторных экскаваторов включает ковшовый или скребковый ротор и отвальный конвейер с приводными механизмами, а также зачистное устройство. В процессе работы экскаватора ковши или скрепки, расположенные на вращающемся роторе, непрерывно разрабатывают грунт, выносят его из траншей и ссыпают на поперечный отвальный конвейер, откуда грунт поступает в отвал на берму.

Для разработки траншей с откосами на роторных экскаваторах устанавливают пассивные ножевые откосники для крутизны откоса до 1 : 0,25.

Технические характеристики роторных экскаваторов, выпускаемых в СССР, приведены в табл. 22.

Экскаваторы типа ЭТР-131 и ЭТР-132 (рис. 121) предназначены для отрывки узких траншей прямоугольного профиля шириной 0,23—0,27 м в мерзлых и талых грунтах. Рабочее оборудование этих экскаваторов полуприцепное, режущими и транспортирующими грунт элементами ротора являются 18 зубьев. Вследствие балансирной подвески рабочего оборудования (балансир 7) можно отрывать траншею с вертикальными стенками на косогоре.

В головной части рамы 6 размещено универсальное шарнирно-цепное устройство 8, внутри которого проходит карданный вал отбора мощности от трактора Т-180 на ротор 4. Бортовые редукторы и ось ротора 4 закреплены в средней части рамы. Поднимают рабочее оборудование в транспортное положение с помощью гидроцилиндра.

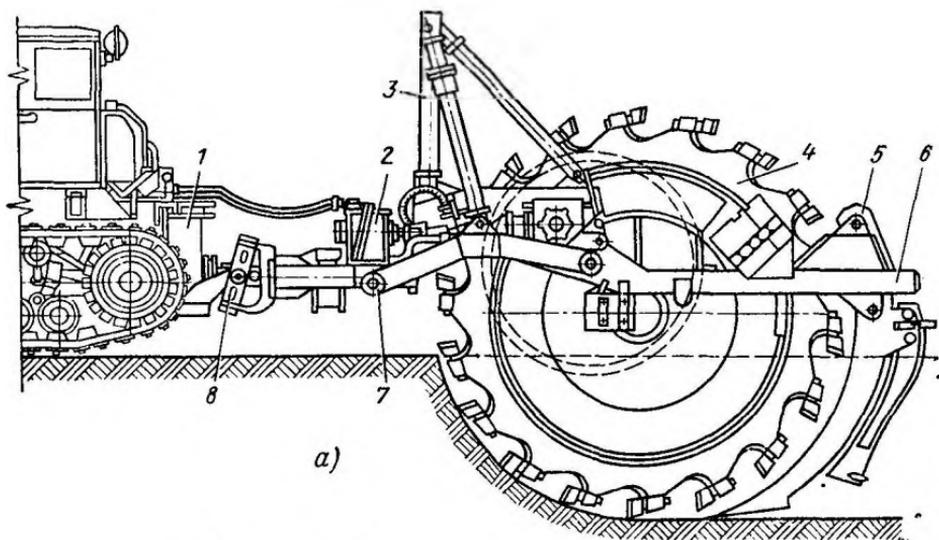
Корпус ротора (рис. 121, б) представляет собой сварной диск 9. К диску с двух сторон приклепаны рейки 11, по внутреннему зацеплению которых обкатываются звездочки бортовых редукторов привода ротора.

Ротор вращается на оси 14 в подшипниках 13, установленных в корпусе 16, которые прикреплены к раме рабочего органа.

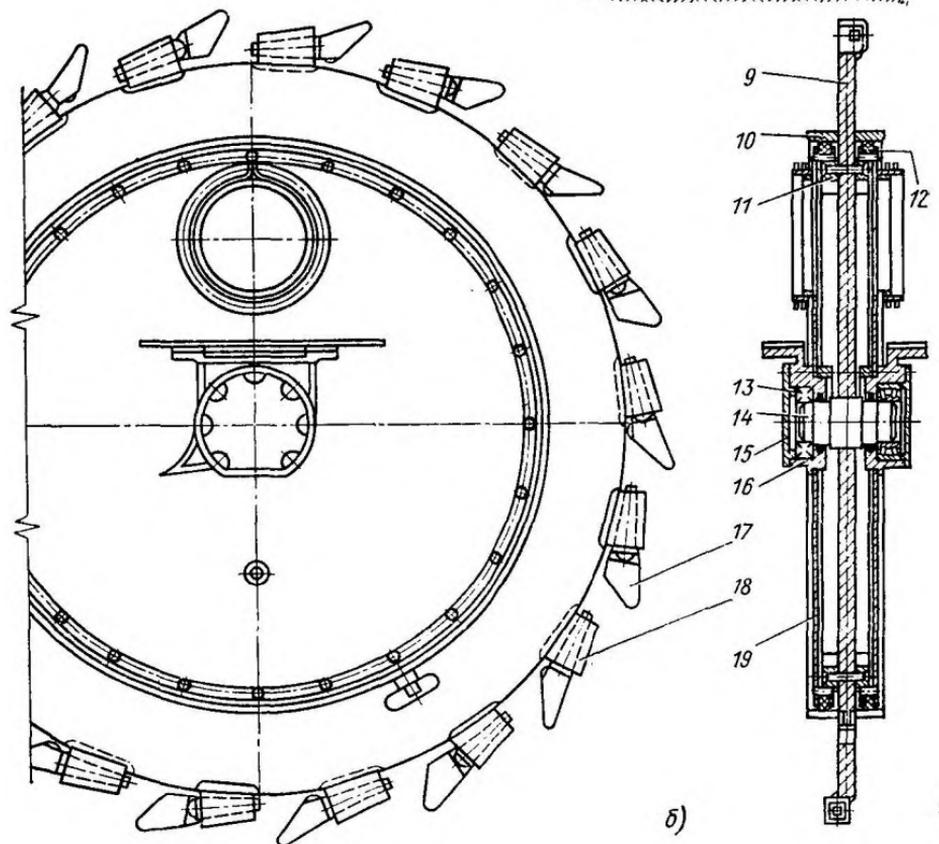
Технические характеристики роторных траншейных экскаваторов

Показатели	ЭТР-192Б	ЭТР-161	ЭТР-162	ЭР-7АМ	ЭР-7Е	ЭР-7П	ЭР-7Т	ЭТР-253А	ЭТР-204	ЭТР-223	ЭТР-224
Размеры отрываемой траншеи, м:											
наибольшая глубина	1,30	1,60	1,60	2,00	1,80	2,20	2,20	2,50	2,0	2,20	2,20
ширина по дну	0,27	0,80	0,80	1,20	1,40	0,85	1,70	2,10	1,20	1,50	0,85
ширина по верху (с откосами)	—	—	—	2,02	2,22	1,60	2,52	3,20	2,30	2,58	1,85
начало откоса от дна	—	—	—	0,80	0,80	1,00	0,80	1,20	0,60	0,60	0,60
База тягача	Т-180	Трактор Т-74С9	ДТ-75С2	Специальная с использованием узлов трактора Т-100М			Трактор ДЭТ-250М	Специальная с использованием узлов трактора Т-130.1.Г			
Марка дизеля	Д-180	СМД-14А		Д-108		Д-108		В-30Б	Д-130		
Мощность дизеля, л. с.	180	75		108		108		300	160		
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	280	300		500		450		1 200	650	650	600
Рабочее оборудование	Навесное	Полуприцепное						1 200	Навесное		
Ротор:											
диаметр ротора (по режущим кромкам зубьев), мм	2 610	2 900		3 500	3 500	3 650	3 930	4 500	3 550	3 830	3 830
число ковшей (зубьев), шт.	(18)	10		14	14	16	14	14	14	14	16
емкость ковша, л	—	70		90	130	60	190	250	140	160	85
скорость резания, м/с	1,7; 2,6	1,76	1,6	1,7		1,61	1,96	1,88	1,45 и 1,80		
частота вращения, об/мин	12,3; 19,2	11,7	10,5	9,6		8,4	9,6	8,0	7,8; 9,6	7,2; 9,0	
привод		Механический						Электрический	Механический		
Конвейер:											
тип	—	Ленточный криволинейный					Ленточный двухсекционный складывающийся				
ширина ленты, мм	—	600		800		800		1 200	800		
привод конвейера	—	Механический						Электрический	Механический		
скорость ленты, м/с	—	4,0	4,12	3,6; 4,2		4,3; 5,0		4,9	4,3—5,0		
Гидропривод механизма подъема рабочего оборудования:											
марка насоса	207.20.16.02	НШ-46У						НШ-98			
число гидроцилиндров	2	1				2		4	4		

Показатели	ЭТР-132Б	ЭТР-161	ЭТР-162	ЭР-7АМ	ЭР-7Е	ЭР-7И	ЭР-7Т	ЭТР-283А	ЭТР-204	ЭТР-223	ЭТР-224
Гусеничный ход:											
колея, мм	2 040	1 425	1 330					2 510		2 600	
ширина гусеницы, мм	580, 620, 700	400	410					690		600	
длина опорной поверхности (по осям крайних катков), мм	3 560	1 622	1 612					3 218		3 690	
тип привода рабочего хода	Гидравлический	Механический	Гидравлический	Механический				Электрический	Гидравлический		
Рабочие скорости (при движении вперед), м/ч	10—800 бесступенчато	54—266 9 скоростей	0—312 бесступенчато	31—310 12 скоростей		15—140 12 скоростей		20—280 бесступенчато	6—300 бесступенчато		
Транспортные скорости, км/ч											
вперед	2,8—11,9 5 скоростей	2,42—12,0 9 скоростей	5,2; 5,8 2 скорости		1,42—6,12 5 скоростей			3,5; 5,40 2 скорости		1,5—6,4 8 скоростей	
назад	3,2; 7,5 2 скорости	2,00—6,50 3 скорости	4,45		1,68—4,60 4 скорости			3,4—5,2 2 скорости		1,5—4,25 4 скорости	
Среднее давление на грунт в рабочем положении, кгс/см <sup>2</sup>	0,59	0,65	0,86		0,50		0,59	0,87	0,60	0,68	0,62
Пневмоколесная опора рабочего оборудования											
число шин	2	1			1			2	—	—	—
размер шины, дюймы	21,00×28	8,25×15			12,00×20			18,00×24	—	—	—
Габаритные размеры экскаватора в транспортном положении, мм:											
длина	11 500	8 300	8 830	10 300	10 300	11 000	11 400	14 800	10 930	11 460	11 150
ширина	2 950	3 160	3 050	3 220	3 220	3 220	3 220	3 780	3 200	3 260	3 200
высота	3 200	3 160	3 000	3 800	3 800	3 800	4 000	4 700	4 200	4 180	4 130
Масса, т	26,9	13,1	12,8	24,5	25,8	25,0	31,2	58,8	29,4	32,7	29,6



a)



b)

Рис. 121. Экскаватор ЭТР-132А (а) и его ротор (б):

1 — коробка отбора мощности; 2 — раздаточный редуктор; 3 — подъемная рама; 4 — ротор; 5 — зачистный башмак; 6 — рама рабочего органа; 7 — балансир; 8 — сцепное устройство; 9 — диск; 10 — реборды; 11 — рейка; 12 — уплотнение; 13 — роликоподшипник; 14 — ось; 15 — крышка; 16 — корпус подшипника; 17 — зуб; 18 — зубодержатель; 19 — боковой диск

Для защиты внутреннего зацепления от грунта установлены уплотнения, которые состоят из неподвижных дисков, резиновых секторов 12, крышек и соединительных болтов.

Уплотнительное устройство смонтировано в кольцевом пазу, образованном ребрами 10 диска 9 ротора и неподвижными боковыми дисками 19.

Экскаваторы ЭТР-161 и ЭТР-162 могут отрывать траншеи глубиной до 1,6 м в грунтах I—IV категорий. В качестве базы экскаватора ЭТР-161 использован трактор Т-74-С9, в трансмиссию которого для получения скоростей рабочего хода введена дополнительная понижающая четырехступенчатая коробка передач. Экскаватор ЭТР-162 создан на базе трактора ДТ-75-С2. В трансмиссию трактора введен гидромеханический планетарный ходоуменьшитель, обеспечивающий бесступенчатое регулирование скорости рабочего хода.

Наибольшее распространение получил роторный траншейный экскаватор ЭР-7А (рис. 122, а) и его модификации ЭР-7АМ, ЭР-7Е, ЭР-7Т, обеспечивающие разработку траншей глубиной 1,8—2,2 м и шириной 0,8—1,7 м. Тягач этих экскаваторов выполнен на базе трактора Т-100М. По сравнению с трактором в тягаче экскаватора лонжероны рамы удлинены и двигатель вынесен вперед, гусеничный ход удлинен и расширен по колесе, увеличена ширина башмаков гусениц, тележки гусениц жестко связаны с рамой тягача, в трансмиссии для получения рабочих скоростей введена дополнительная трехступенчатая понижающая коробка передач. Для присоединения рабочего органа на тягаче установлена вертикальная рама, на которой смонтирован механизм подъема рабочего оборудования.

Ходовой механизм экскаватора приводится (рис. 122, б) от двигателя 13 через муфту сцепления, дополнительную коробку передач 14, тракторную коробку 15 передач, главную передачу заднего моста, бортовые фрикционы, бортовые редукторы и конечную трансмиссию 16. Дополнительная и тракторная коробки передач связаны верхним и нижним карданными валами.

Транспортные скорости обеспечиваются тракторной коробкой передач при выключенной дополнительной коробке. В этом случае движение передается от двигателя коробке передач трактора через верхний карданный вал и далее через коробку, которая обеспечивает получение четырех скоростей транспортного передвижения. Двенадцать рабочих скоростей экскаватора обеспечиваются совместной работой обеих коробок, причем движение от дополнительной коробки к тракторной передается через нижний карданный вал.

Механизм управления дополнительной коробкой передач имеет блокировочное устройство, обеспечивающее включение дополнительной коробки только при нейтральном положении шестерни реверса тракторной коробки.

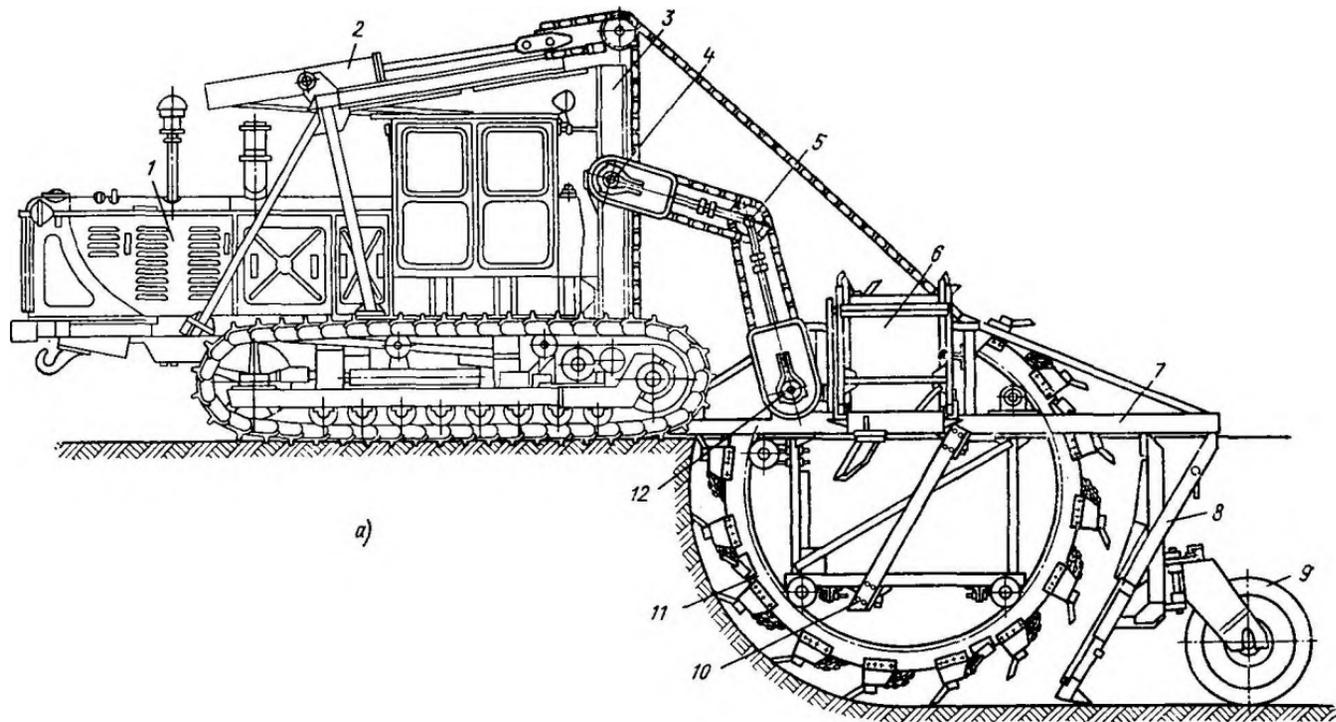
Главная передача, бортовые редукторы и фрикционы трактора Т-100М использованы в экскаваторе ЭР-7АМ без изменений. От бортовых редукторов вращение передается ведущим звездочкам гусеничного хода через конечные трансмиссии 16. Конечные трансмиссии использованы в конструкции экскаватора для уширения базы тягача и удлинения гусеничного хода по сравнению с трактором Т-100М.

Ротор 11 приводится от коробки 15 передач трактора, через редуктор 17 отбора мощности, редуктор 4 привода ротора, двустороннюю шарнирную цепную передачу 5, вал 12 привода ротора и двустороннюю открытую зубчато-реечную передачу.

В качестве редуктора привода ротора использован задний мост автомобиля ЗИЛ-164 с доработкой. Дифференциал заднего моста выполняет функцию уравнительного механизма, выравнивающего крутящие моменты на обеих сторонах ротора. В конструкции редуктора 4 привода ротора предусмотрена многодисковая фрикционная муфта, предохраняющая трансмиссию от перегрузки.

Конвейер 6 приводится от реверсивного редуктора 18, который размещен между двумя полувалами привода ротора.

Редуктор привода конвейера (рис. 123) может получать вращение от правого и от левого полувала привода ротора, для чего соответствующие полумуфты 1 или 5 соединены втулочно-роликковой цепью с полумуфтами на полувалах привода ротора. Попеременный привод конвейера от левого и правого полувала позволяет выровнять износ левой и правой ветвей привода ротора. Ведущий барабан



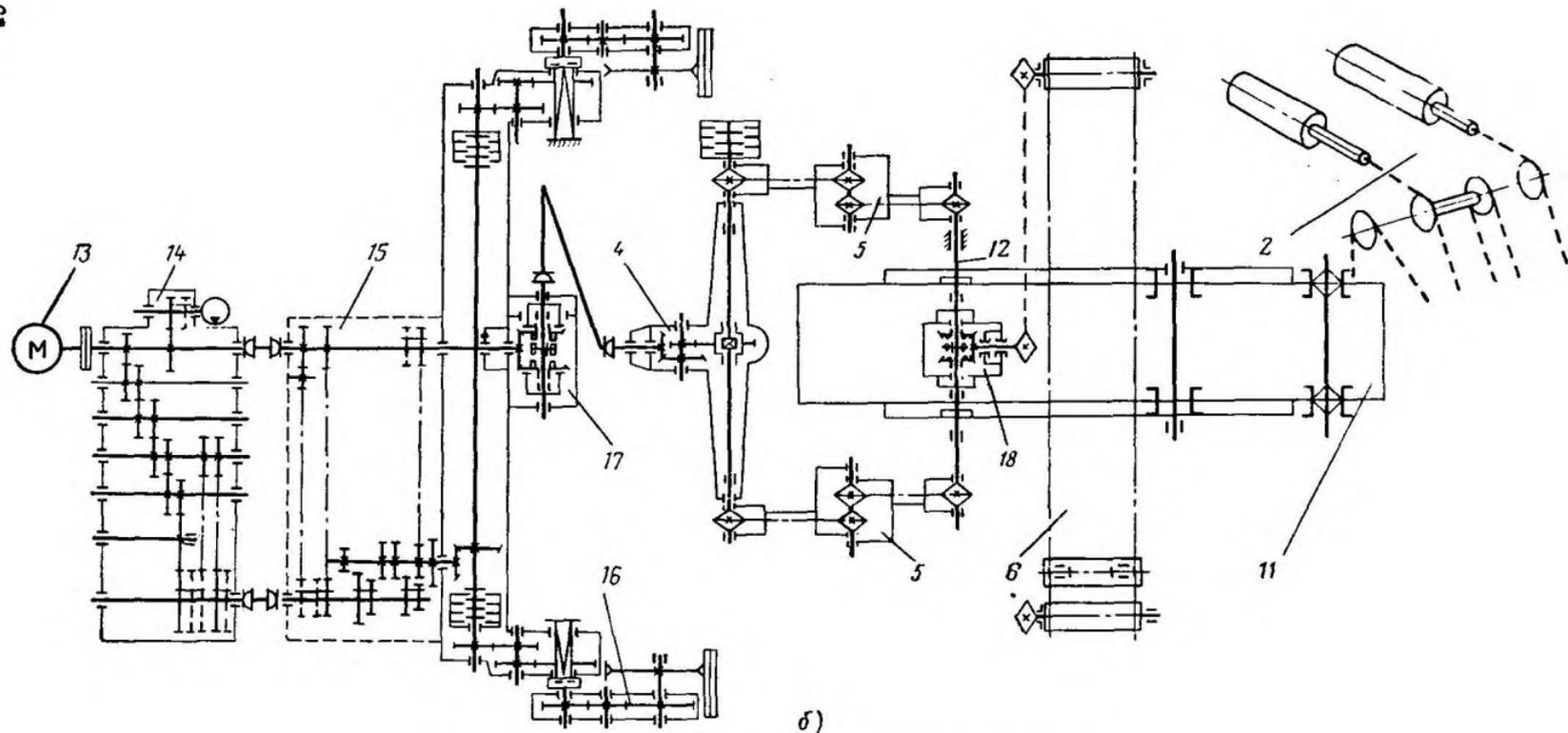


Рис. 122. Экскаватор ЭР-7АМ (а) и его кинематическая схема (б):

1 — тягач; 2 — механизм подъема рабочего оборудования; 3 — вертикальная рама; 4 — редуктор привода ротора; 5 — шарнирно-цепная передача; 6 — конвейер; 7 — рама рабочего оборудования; 8 — зачистное устройство; 9 — задняя опора; 10 — ножевой откосник; 11 — ротор; 12 — вал привода ротора; 13 — двигатель; 14 — дополнительная коробка передач; 15 — коробка передач трактора; 16 — конечная трансмиссия; 17 — редуктор отбора мощности; 18 — редуктор привода конвейера

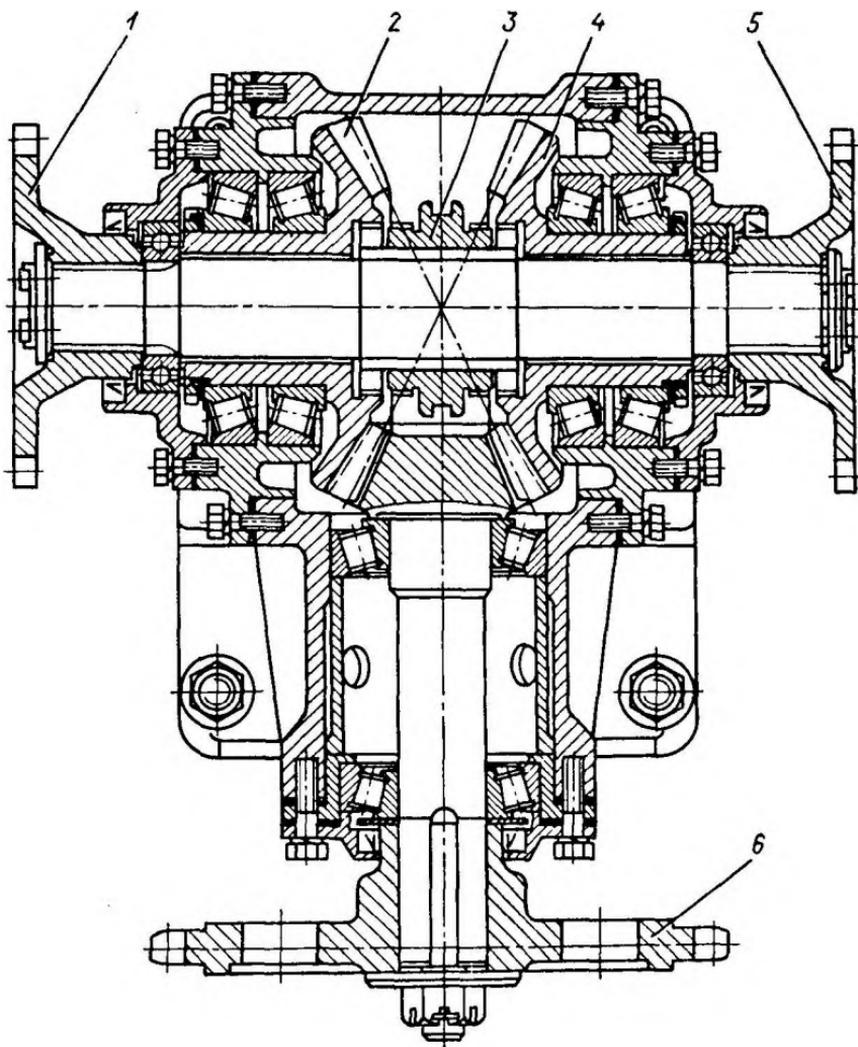


Рис. 123. Редуктор привода конвейера экскаватора ЭР-7АМ

конвейера получает вращение от звездочки 6 через цепную передачу. Реверсирование конвейера осуществляется соединением муфты 3 с правой или левой коническими шестернями 2 и 4. Управляют реверсом конвейера рычагом, расположенным непосредственно на редукторе.

Рабочее оборудование экскаватора — полуприцепное, передняя часть шарнира связана с ползунами механизма подъема, задняя опирается на поворотное пневмоколесо. Состоит рабочее оборудование экскаватора из рамы, ротора, механизма подъема, задней опоры, зачистного устройства и конвейера.

Ротор состоит из двух колец, соединенных ковшами открытого типа и образующих с ними жесткую конструкцию. На торцах колец укреплены зубчатые рейки привода ротора. Внутри рамы ротора прикреплен предохранительный лист, прилегающий к внутренней стороне ротора и предотвращающий высыпание грунта из ковшей при подходе к зоне разгрузки. Ротор имеет 14 ковшей дугообразной формы с цепными днищами, улучшающими опорожнение ковшей при работе в липких грунтах.

Арки ковшей имеют гнезда для установки зубьев. Зубья снижают энергоемкость разрушения грунта, исключая из резания передние кромки ковшей, дают возможность разрабатывать прочные и мерзлые грунты. Правильность расстановки зубьев проверяют специальными шаблонами.

Механизм подъема рабочего оборудования имеет два цепных полиспаста для подъема и опускания передней и задней частей рабочего оборудования. Привод механизма подъема осуществляется гидроцилиндрами. Положение передней части рабочего органа по высоте фиксируется специальным механизмом.

Для снижения нагрузок на тягач и выравнивания эпюры давления на грунт задняя часть рабочего оборудования опирается на пневмоколенную тележку ролярного типа. Тележка оборудована щитом для зачистки дна траншеи, который при заглублении ротора и при транспортировке поднимается в верхнее положение.

Дугообразный конвейер (рис. 124) экскаватора имеет два приводных концевых барабана одинаковой конструкции и шесть промежуточных роликовых опор. К внутренней стороне ленты болтами прикреплено направляющее ребро 4 из клиновидного ремня, а барабаны 1 и промежуточные опоры 7 имеют соответствующие углубления в своей средней части.

Для придания ленте криволинейной формы ее сверху прижимают к барабанам 1 и роликоопорам 7 резиноканевыми ремнями, которые одновременно

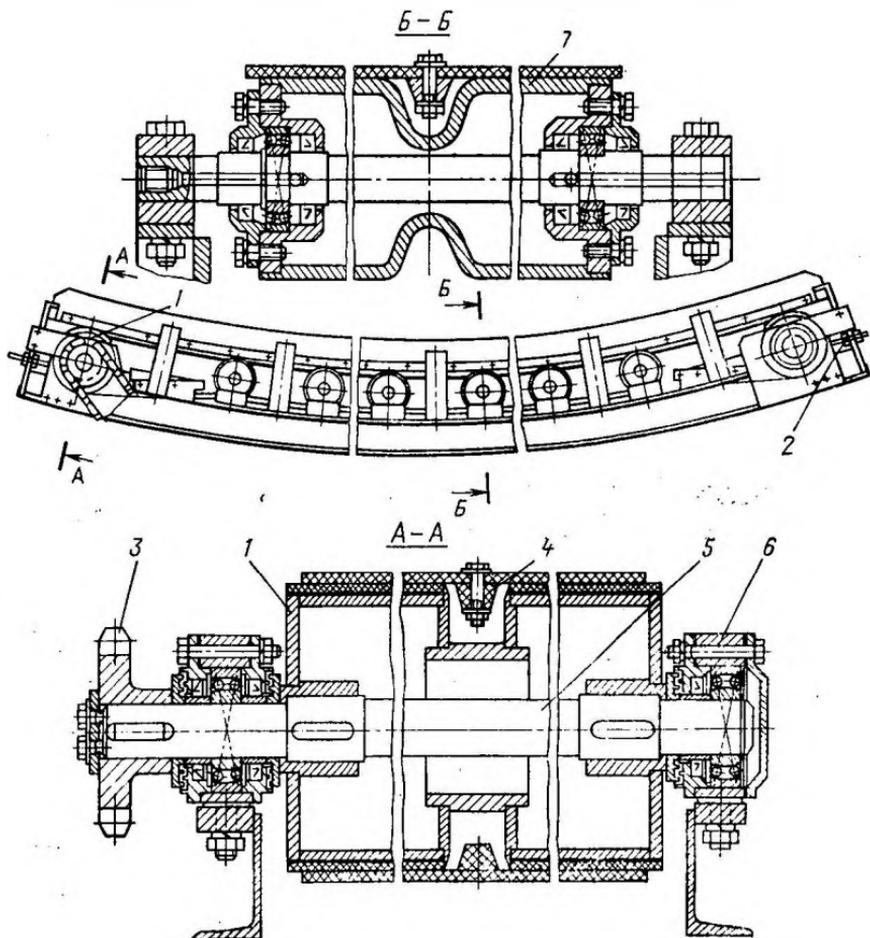


Рис. 124. Конвейер экскаватора ЭР-7АМ

являются направляющими бортами для грунта. Для натяжения ленты на каждом барабане имеется натяжное устройство 2.

Для увеличения сцепления с лентой на поверхность барабанов навулканизирован слой резины. Валы 5 барабанов 1 вращаются в подшипниковых опорах, установленных на раме конвейера. На концах валов 5 насажены звездочки 3 привода конвейера. Цепной привод осуществляется поочередно на один или другой барабан в зависимости от того, в какую сторону выдвинут конвейер. Вылет конвейера относительно продольной оси экскаватора можно регулировать: чем больше вылет, тем дальше от оси траншеи будет отбрасываться разрабатанный грунт.

Экскаваторы ЭР-7Е, ЭР-7П и ЭР-7Т являются модификациями базовой машины — экскаватора ЭР-7АМ— и отличаются от нее в основном размерами и конструкцией элементов рабочего оборудования.

Для разработки траншей под трубопроводы малого диаметра, а также для нарезания щелей в мерзлом грунте с последующей разработкой массива грунта другими землеройными машинами или взрывным способом разработана еще одна модификация экскаватора ЭР-7АМ, получившая марку ЭР-7К. Одновременно с рытьем траншеи экскаватор может буксировать тележку массой до 8,5 т с кабелем или пластмассовой трубой. Эксплуатация машины возможна при температуре окружающего воздуха до  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Отличительной особенностью экскаватора ЭТР-204, который должен заменить экскаватор ЭР-7АМ, является применение объемного гидропривода рабочего хода и навесного рабочего оборудования. Экскаватор предназначен для разработки траншей глубиной до 2,0 м, шириной 1,2 м. Базой тягача этого экскаватора служит трактор Т-130.1.Г. Применение объемного гидропривода рабочего хода позволяет бесступенчато регулировать рабочие скорости, наиболее полно использовать мощность двигателя, повысить производительность машины.

Применение навесного рабочего оборудования роторных экскаваторов дает возможность отрывать траншеи без аппарелей заглубления, упрощает производство работ при смене захваток, позволяет выглублять рабочий орган из траншеи при технической неисправности и др.

Экскаваторы ЭТР-223 и ЭТР-224 отличаются от экскаватора ЭТР-204 размерами разрабатываемых траншей и вызванными в связи с этим изменениями отдельных узлов и механизмов. Экскаваторы этого семейства в перспективе заменят экскаваторы семейства ЭР-7А.

Экскаватор ЭТР-231 может разрабатывать траншею шириной 1,8 м, глубиной 2,3 м. Тягач экскаватора ЭТР-231 изготовлен на базе узлов трактора Т-100М, конструкция ходового оборудования такая же, как и у экскаватора ЭР-7АМ. На удлиненных лонжеронах трактора установлена дизель-электрическая установка: двигатель У1Д6-250ТК и генератор ГС104.4.

Основные механизмы экскаватора — хода, вращения ротора, привода конвейера, подъема откидной части конвейера и привода масляного насоса — имеют электропривод. Гидропривод применен в механизме подъема и опускания рабочего оборудования. Для привода ротора использован электродвигатель мощностью 100 кВт. Ковши ротора оснащены зубьями с наплавкой передней режущей грани электродами ВСН-8 или армированными твердосплавными пластинками ВК-15. Конвейер прямолинейный, ленточный, складывающийся с двумя ведущими барабанами.

Экскаватор ЭТР-253А, предназначенный для разработки траншей глубиной до 2,5 м и шириной 2,1 м, создан на базе дизель-электрического трактора ДЭТ-250, трансмиссия которого значительно переработана. В экскаваторе ЭТР-253А имеется электрический, механический и гидравлический приводы.

Рама рабочего оборудования соединена с тягачом через прицепную раму при помощи цапф, установленных в средней части гусеничных тележек, что способствует равномерному распределению давления гусеничного хода на грунт. Рама рабочего оборудования связана с прицепной рамой шарнирно в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В вертикальной плоскости рама поворачивается с помощью гидроцилиндров, которые, изменяя угол между прицепной рамой и рамой рабочего оборудования, поднимают и заглубляют оборудование

Возможность поворота в горизонтальной плоскости уменьшает радиус поворота машины.

Ленточный двухсекционный конвейер с тремя приводными барабанами состоит из двух частей — горизонтальной, расположенной внутри ротора, и наклонной — отвальной. Изменение угла наклона отвальной части и перевод ее в транспортное положение производятся гидроцилиндрами.

Дальнейшее развитие конструкций роторных траншейных экскаваторов связано с широким внедрением гидропривода основных механизмов, использованием в качестве базовых тягачей перспективных промышленных тракторов Т-330 и Т-500, повышением маневренности и мобильности с применением тягачей на пневмоколесном ходу с высокой установленной мощностью двигателя (Т-157, К-701).

Производительность роторного траншейного экскаватора может ограничиваться выносной способностью ротора, рабочей скоростью или мощностью привода.

Производительность экскаватора по выносной способности (в м<sup>3</sup>/ч)

$$P_B = 0,06nmg \frac{k_H}{k_P},$$

где  $n$  — частота вращения ротора, об/мин;  $m$  — число ковшей;  $g$  — вместимость ковша, л;  $k_H$  — коэффициент заполнения с учетом частичного использования подковшового объема,  $k_H = 0,9 \div 1,1$ ;  $k_P$  — коэффициент разрыхления,  $k_P = 1,1 \div 1,4$ .

Производительность экскаватора по рабочей скорости

$$P = 1000bhw,$$

где  $b$  — ширина отрываемой траншеи, м;  $h$  — глубина отрываемой траншеи;  $v$  — рабочая скорость, км/ч.

Общая мощность привода роторного траншейного экскаватора (в л. с.)

$$N = N_K + N_H + N_P + N_{TP} + N_{пер},$$

где  $N_K$  — мощность, затрачиваемая на копание;  $N_H$  — мощность, затрачиваемая на подъем грунта;  $N_P$  — мощность, затрачиваемая на разгон грунта ротором и конвейером;  $N_{TP}$  — мощность, затрачиваемая на работу конвейера;  $N_{пер}$  — мощность, затрачиваемая на передвижение.

Подставляя значения мощностей, получим

$$N = \frac{P}{270\,000} \left[ \frac{K}{\eta_P} + \frac{\gamma \left( \frac{h}{2} + h_0 \right)}{\eta_P} + \frac{\gamma v_P^2}{2g\eta_P} + \frac{\gamma v_K^2}{2g\eta_K} + \frac{\gamma (l_K \omega + h_K) m_x}{\eta_K} + \frac{Gf_1}{F\eta_{пер}} \right],$$

где  $P$  — производительность экскаватора, м<sup>3</sup>/ч;  $K$  — удельная энергоемкость копания, в зависимости от категории грунта  $K = 10\,000 \div 40\,000$  кгс·м/м<sup>3</sup>;  $F$  — площадь поперечного сечения траншеи, м<sup>2</sup>;  $h_0$  — высота подъема грунта ротором от уровня земли до места разгрузки, м;  $h$  — глубина траншеи, м;  $\eta_P$  — КПД привода ротора;  $\eta_{пер}$  — КПД привода передвижения;  $\gamma$  — удельный вес грунта, кгс/м<sup>3</sup>;  $v_P$  — окружная скорость ротора, м/с;  $v_K$  — скорость конвейера;  $G$  — общий вес машины, кгс;  $f_1$  — приведенный коэффициент сопротивления передвижению машины;  $l_K$  — вылет конвейера, м;  $\omega$  — приведенное сопротивление движению ленты конвейера,  $\omega = 0,05 \div 0,08$ ;  $h_K$  — высота подъема грунта конвейером, м;  $m_x$  — коэффициент, учитывающий сопротивление холостого хода конвейера;  $m_x = 1,5$ ;  $\eta_K$  — КПД привода конвейера.

Выражение, определяющее мощность привода экскаватора, может быть приближенно записано в виде

$$N = \frac{PK_0}{270\,000},$$

где  $K_0$  — приведенная усредненная удельная энергоемкость копания.

При этом производительность экскаватора на данном участке объекта с соответствующим  $K_{0i}$

$$P = \frac{N \cdot 270\,000}{K_{0i}}$$

и ожидаемая средняя производительность экскаватора на данном объекте

$$P_{\text{ожд}} = \frac{Q}{\frac{Q_1}{P_1} + \frac{Q_2}{P_2} + \dots + \frac{Q_i}{P_i}},$$

где  $Q$  — объем работы на данном объекте, м<sup>3</sup>,  $Q = \sum (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_i)$  [ $Q_1, Q_2, \dots, Q_i$  — объемы работ на отдельных участках с удельными энергоемкостями  $K_1, K_2, \dots, K_i$ ].