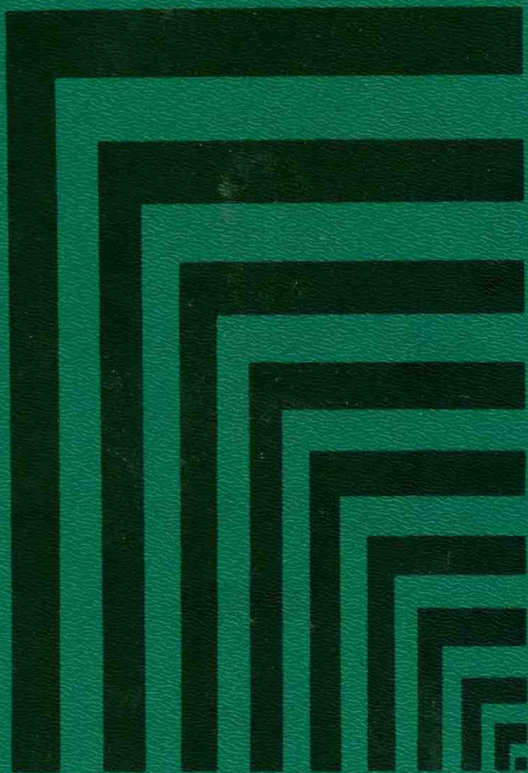


# ХОДОВЫЕ СИСТЕМЫ ТРАКТОРОВ

СПРАВОЧНИК



ББК 40.721

X69

УДК 631.372:629.114.2.012(031)

Подготовка рукописи к изданию и общее редактирование выполнены кандидатом технических наук Л. Н. Кутиным на общественных началах.

Рецензенты: зам. начальника подотдела Госагропрома СССР, кандидат технических наук А. И. Стурис; заведующий лабораторией ВИМ, кандидат технических наук В. А. Русанов



**Ходовые системы тракторов: (Устройство, эксплуатация, ремонт):** Справочник / В. М. Забродский, А. М. Файнлейб, Л. Н. Кутин, О. Л. Уткин — Любовцов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 271 с.; ил.

В справочнике изложены сведения по функциональным особенностям, условиям эксплуатации, устройству, технической эксплуатации, надежности и ремонту ходовых систем тракторов. Указаны регулировки, улучшающие тягово-сцепные свойства и снижающие уплотняющее воздействие на почву. Даны рекомендации по улучшению условий труда и технике безопасности.

Для инженерно-технических работников, связанных с эксплуатацией и ремонтом ходовых систем тракторов.

X  $\frac{3802040400 - 538}{035(01) - 86}$  157 - 86

ББК 40.721

© ВО «Агропромиздат», 1986

# ВВЕДЕНИЕ

Ускорение научно-технического прогресса, высокоэффективное использование производственного потенциала и укрепление материально-технической базы сельского хозяйства — важнейшие условия в деле реализации Продовольственной программы СССР.

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года» перед тракторным и сельскохозяйственным машиностроением поставлена задача осуществить в широких масштабах техническую перестройку производства, которая позволит более полно удовлетворять потребности сельского хозяйства в необходимой высокоэффективной технике. Намечено обеспечить рост выпуска и совершенствование структуры машин и орудий в соответствии с предусмотренной на двенадцатую пятилетку номенклатурой систем машин для механизации сельскохозяйственных работ, а также организовать изготовление новых моделей гусеничных пахотных, колесных универсально-пропашных и тяжелых промышленных тракторов.

В соответствии с системой машин и типажом в нашей стране выпускаются тракторы с гусеничной, колесной и полугусеничной ходовыми системами. В ближайшем будущем промышленности предстоит освоить производство новых колесных и гусеничных тракторов мощностью 330...370 кВт тягового класса 8 (тяговое усилие — 80 кН), гусеничных мощностью 185 кВт класса 5 и колесных мощностью 110 кВт класса 2. Значительно увеличится число модификаций тракторов применительно к различным отраслям сельскохозяйственного производства и территориально-климатическим условиям.

По мере роста энергонасыщенности тракторов, связанной с необходимостью повышения их производительности, расширяется номенклатура и увеличивается масса трактора и агрегируемых сельскохозяйственных машин, а следовательно, возрастает их разрушающее воздействие на почву.

Проблема снижения воздействия на почву ходовых

систем актуальна, прямо связана с повышением урожайности сельскохозяйственных культур и улучшением условий обработки почвы. В результате воздействия колес (гусениц) тракторов, автомобилей, комбайнов и сельскохозяйственных машин глубина уплотнения почвы достигает 0,3...0,6 м. Наиболее сильно уплотняется верхний плодородный слой. Все это вызывает необходимость совершенствования конструкций ходовых систем.

Анализ существующих и перспективных ходовых систем тракторов, требований к их эксплуатации и ремонту, а также нормативные документы составляют основное содержание данного справочника. Использование представленных сведений позволит более рационально эксплуатировать колесные и гусеничные тракторы при выполнении сельскохозяйственных, мелиоративных и транспортных работ, а также рационально их ремонтировать.

# 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХОДОВЫХ СИСТЕМ

## 1.1. ДВИЖИТЕЛИ И ПОДВЕСКИ

На современных тракторах применяются ходовые системы с колесными, гусеничными и полугусеничными движителями (табл. 1).

**Колесные движители** различают как по общему числу, так и по числу ведущих колес; по размерам передних и задних колес, по числу управляемых колес, по типу колес (с пневматическими шинами или с металлическими колесами); по типу шин (камерные, бескамерные, с диагональным — Д — или с радиальным — Р — расположением корда); по наличию и способу регулировки ширины колеи и агротехнического про света.

**Гусеничные движители** классифицируют в основном по типу и конструкции гусениц: шарнирные звенчатые и бесшарнирные ленточные; с открытыми и закрытыми шарнирами; с резинометаллическими шарнирами; с литыми и штампованными звеньями; с цельными звеньями и сборные (составные).

Кроме того, гусеничные движители различаются по числу гусениц на тракторе (двух- и четырехгусеничные); по типу зацепления с ведущим колесом (цевочное и гребневое); по типу натяжного устройства (с винтовым и с гидравлическим устройством); по установке направляющего колеса (кривошипная или салазочная установка); по наличию или отсутствию поддерживающих роликов; по числу ободьев на опорных катках; по наличию реборд на опорных катках (ребордные и безребордные).

**Подвески** ходовых систем различаются по наличию и числу упругих элементов — рессор: жесткие (без упругих элементов); полужесткие (с передним расположением упругих элементов); упругие (все опоры имеют упругие элементы). Кроме того, по способу соединения элементов движителя с рамой или остовом трактора из них выделяют тележечные, балансирные, индивидуальные и смешанные подвески; по типу упругих элементов — рессорные, пружинные, торсионные, резиновые, пневматические, гидравлические и гидропневматические; по наличию специальных гасителей колебаний — с амортизаторами и без них.

## 1. Классификация ходовых систем тракторов

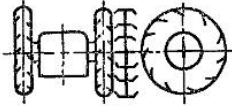

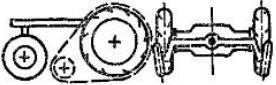
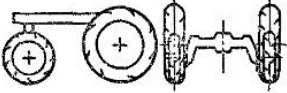



Схема ходовой системы	Тип и особенности двигателя	Тип и особенности подвески	Применение
	Колесная формула 2К2, пневмошины низкого давления или сменные металлические колеса для рыхления почвы	Жесткая	Мотоблок
	Колесная формула 3К2, шины типа Д или Р	Жесткая	Хлопковые модификации универсально-пропашных тракторов Т-28Х4М и МТЗ-80Х
	Колесная формула 4К2, передние шины типа Д и задние типа Р, возможна установка полугусеничного хода	Жесткая  Полужесткая, спереди — балансирная, упругая, пружинная	Универсальные пропашные тракторы Т-25А, ЮМЗ-6А и самоходные шасси Т-16М и Т-16ММч Универсально-пропашные тракторы Т-40М, МТЗ-80, МТЗ-100
	Колесная формула 4К4, передние шины типа Д, и задние типа Р	Полужесткая, спереди — балансирная, упругая, пружинная	Универсально-пропашные тракторы Т-30А, Т-40А, МТЗ-82, МТЗ-102, МТЗ-142 и низкоклиренсные модификации (Т-40АНМ, МТЗ-82Н)
	Колесная формула 4К4 (8К8), шарнирная рама, шины типа Р, возможно сдвигание колес	Жесткая	Тракторы сельскохозяйственного малогабаритные и общего назначения К-700А, К-701, промышленные тракторы общего назначения Т-158, К-702 и трелевочные Т-157, К-703
	Двухгусеничный, с литыми звеньями, открытым шарниром, цепочным зацеплением, винтовым натяжным устройством, салазочной установкой направляющего колеса, одноободными безребордными опорными катками	Полужесткая, спереди — упругая, рессорная с амортизаторами  Жесткая, тележная	Сельскохозяйственный трактор общего назначения Т-150К  Трубоукладчик Д-804М
	Двухгусеничный со штампованными звеньями, закрытым шарниром, сборными гусеницами, цепочным зацеплением, салазочной установкой направляющих колес, гидравлическим натяжным устройством, двухободными безребордными опорными катками с поддерживающими роликами		Трубоукладчик ТТ-330, погрузчик ТП-330




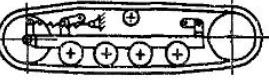

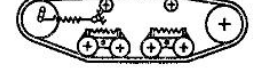
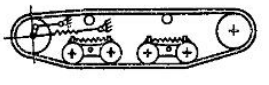
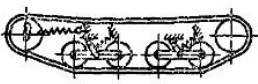

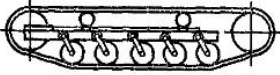


Схема ходовой системы	Тип и особенности двигателя	Тип и особенности подвески	Применение
	<p>Двухгусеничный с литыми цельными звеньями, открытым шарниром, винтовым натяжным устройством, цевочным зацеплением, салазочной установкой направляющих колес, двухободными опорными катками с ребордами, с поддерживающими роликами</p>	<p>Полужесткая, тележечная, с поперечной рессорой спереди и осью качания тележек, совпадающей с осью ведущих колес</p>	<p>Сельскохозяйственные тракторы Т-4А и промышленные Т-4АП2</p>
	<p>Двухгусеничный, со штампованными звеньями, закрытым шарниром, сборными гусеницами, цевочным зацеплением, салазочной установкой направляющих колес, гидравлическим натяжным устройством, двухободными опорными катками с ребордами, поддерживающими роликами</p>	<p>Полужесткая, тележечная с поперечной рессорой спереди и осью качания тележек, совпадающей с осью ведущих колес</p>	<p>Промышленные тракторы Т-100М, Т-130.1.Г-1, Сельскохозяйственные и болотоходные модификации тракторов Т-100М и Т-130</p>
	<p>Двухгусеничный с литыми звеньями, открытым шарниром, винтовым натяжным устройством, цевочным зацеплением, кривошипной установкой направляющих колес, двухободными опорными</p>	<p>Полужесткая, тележечная с передним и задним подрессориванием, торсионами</p>	<p>Пропашные свекловодческие тракторы Т-70С с модификациями</p>
<p>безребордными катками и поддерживающими роликами</p>			
	<p>Двухгусеничный с литыми звеньями, открытым шарниром, винтовым натяжным устройством, цевочным зацеплением, кривошипной установкой направляющих колес, одноободными опорными катками без реборд и поддерживающих роликов</p>	<p>Полужесткая, балансирующая, с пружинами на передних каретках</p>	<p>Трелевочные тракторы ТТ-4, ТТ-4М</p>
	<p>Двухгусеничный с литыми звеньями, открытым шарниром (или с резинометаллическими шарнирами — опытные), цевочным зацеплением, кривошипной установкой направляющих колес, винтовым или гидравлическим натяжным устройством, двухободными опорными катками без реборд, с поддерживающими роликами</p>	<p>Упругая балансирующая, с пружинами без амортизаторов или с амортизаторами на передних каретках</p>	<p>Сельскохозяйственные тракторы общего назначения ДТ-75В, ДТ-75МВ, ДТ-75М «Казахстан», ДТ-175С, Т-150</p>
	<p>То же, что и предыдущий, но с механизмом подъема и опускания направляющих колес</p>	<p>Упругая, балансирующая, с пружинами на каретках опорных катков и индивидуальная, с торсионами</p>	<p>Сельскохозяйственные, болотоходные тракторы ДТ-75ВВ, и крутосклонные ДТ-75К</p>





Схема ходовой системы	Тип и особенности двигателя	Тип и особенности подвески	Применение
	<p>Двухгусеничный с литыми звеньями, открытым шарниром, винтовым натяжным устройством, цевочным зацеплением, кривошипной установкой направляющих колес, одноободными, безребордными опорными катками, без поддерживающих роликов</p>	<p>Упругая, балансирующая с пружинами</p>	<p>Трелевочные и лесхозагоственные тракторы ГДТ-55А, ЛХТ-55, ТБ-1, ТП-90 и их модификации</p>
	<p>Двухгусеничный с литыми звеньями, открытым шарниром, винтовым натяжным устройством, цевочным зацеплением, кривошипной установкой направляющих колес, одноободными или двухободными безребордными опорными катками, с поддерживающими роликами</p>	<p>Упругая, балансирующая с торсионами</p>	<p>Промышленный трактор Т-180Г, свекловодческий трактор Т-90С и его модификации</p>
	<p>Двухгусеничный со штампованными звеньями, закрытым шарниром, сборными гусеницами, цевочным зацеплением, салазочной установкой направляющих колес, гидравлическим натяжным устройством, двухободными безребордными опорными катками и поддерживающими роликами</p>	<p>Упругая, телесажная, индивидуальная с торсионами</p>	<p>Промышленный трактор ДЭТ-250М</p>
	<p>То же</p>	<p>Упругая, телесажная, индивидуальная с торсионами, включая опорные направляющие колеса с качающимися тележками, соединенными с остовом поперечной балансирующей балкой</p>	<p>Промышленный трактор Т-330</p>
	<p>Двухгусеничный со штампованными звеньями с резинометаллическими шарнирами, с гидравлическим натяжным устройством, кривошипной установкой направляющих колес, с цевочным зацеплением, с двухободными безребордными опорными катками и поддерживающими роликами</p>	<p>Упругая, рычажно-балансирующая с торсионами</p>	<p>Перспективные сельскохозяйственные тракторы общего назначения</p>



## 1.2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ

К основным характеристикам ходовых систем тракторов относятся величины, существенно влияющие на технический уровень трактора (материалоемкость, тяговый коэффициент полезного действия, проходимость, плавность хода, надежность, грузоподъемность, технологичность, воздействие на почву).

При эксплуатации трактора наибольшее значение имеют:

- тяговые качества и проходимость, которые зависят от длины и ширины опорной поверхности движителей, положения центра тяжести относительно середины базы трактора, числа опор (катков для гусеничного и колес для колесного трактора), размеров и формы почвозацепов, дорожного и агротехнического просветов;

- плавность хода, определяемая схемой, типом и жесткостью подвески и шин, типом и сопротивлением гасителей колебаний, базой и числом опор, их упругим ходом;

- надежность, зависящая в первую очередь от качества уплотнений и параметров изнашиваемых пар трения, а также от конструктивных размеров и материалов деталей;

- грузоподъемность, зависящая от размеров и числа колес и шин, опорных катков, типа и потенциальной энергии подвески;

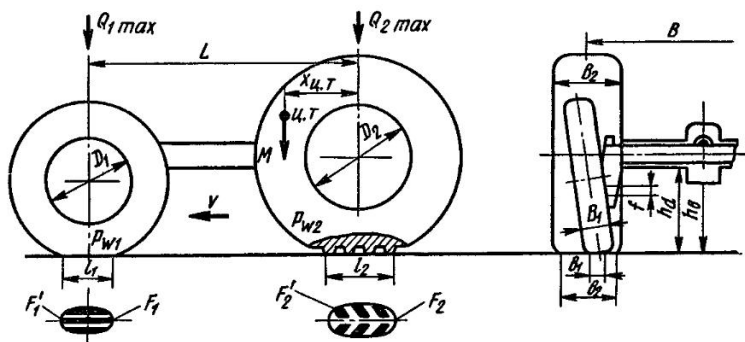


Рис. 1. Ходовая система колесного трактора:

$Q_{1,2 \max}$  – максимальная нагрузка на шину;  $M$  – масса трактора;  $B$  – колея трактора;  $B_1$ ,  $B_2$  – ширина профиля шины;  $D_1$  и  $D_2$  – посадочный диаметр шины на обод;  $L$  – расстояние между осями трактора;  $P_{w1}$  и  $P_{w2}$  – внутреннее давление в шине;  $l_1$  и  $l_2$  – длина отпечатка шины;  $F_1$  и  $F_2$ ,  $F_1'$  и  $F_2'$  – площадь отпечатка шины, грунтозацепа;  $X_{ц.т}$  – положение центра тяжести трактора;  $h_a$  и  $h_b$  – агротехнический и дорожный просветы;  $b_1$  и  $b_2$  – ширина отпечатка шины;  $v$  – скорость трактора;  $f$  – упругий ход подвески.

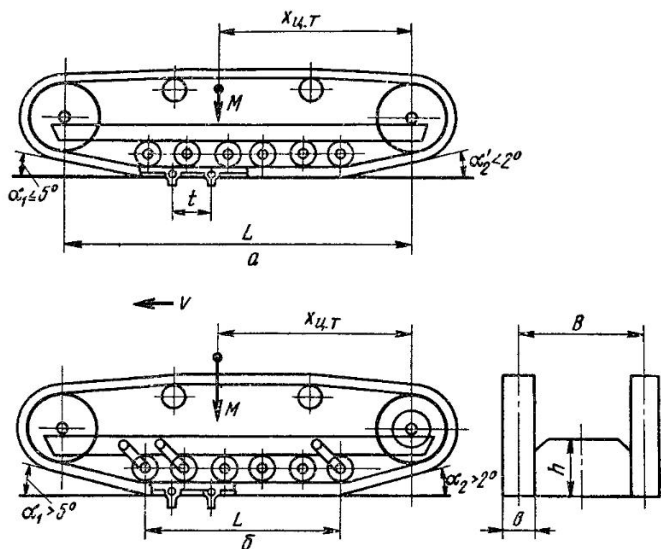


Рис. 2. Ходовая система гусеничного трактора:

$a$  — для случая  $\alpha_1 \leq 5^\circ$  и  $\alpha_2 \leq 2^\circ$ ;  $b$  — для случая  $\alpha_1 > 5^\circ$  и  $\alpha_2 > 2^\circ$ , где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — передний и задний углы наклона гусеничной цепи;  $M$  — масса трактора;  $B$  — колея трактора;  $h$  — дорожный просвет;  $b$  — ширина гусеницы;  $L$  — длина опорной поверхности гусеницы;  $X_{ц.т}$  — положение центра тяжести трактора;  $t$  — шаг гусеницы;  $n$  — число опорных катков;  $g$  — ускорение силы тяжести.

— воздействие на почву, в значительной степени влияющее на урожайность сельскохозяйственных культур и на последующую обработку, зависящее от размеров опорной поверхности движителей, массы трактора, положения центра тяжести, числа опор, шага гусеничной цепи, формы и размеров почвозацепов.

Основные параметры ходовых систем колесных тракторов показаны на рисунке 1, а их значения приведены в таблице 2.

Основные параметры ходовых систем гусеничных тракторов показаны на рисунке 2, а их значения приведены в таблице 3.

Зная параметры ходовой системы, можно определить показатели технического уровня: коэффициент полезного действия  $\eta_{х.с}$ ; уровень низкочастотных колебаний  $\ddot{z}_\sigma$ ; удельную грузоподъемность  $g_{х.с}$ ; среднее и максимальное давление на почву  $q_{ср}$  и  $q_m$ ; показатель воздействия ходовой системы на почву  $U$ .

Показатели надежности определяют методами эксплуатационных или ускоренных испытаний (ГОСТ 7057-81 и

## 2. Основные параметры ходовых систем колесных тракторов

Тракторы, самоходные шасси	$L$ , мм	$B$ , мм	$h_a$ , мм	$x_{ц.т.}$ , мм	$B_{1,2}-D_{1,2}$ , дюймы	$P_{w_{1,2}}$ , МПа	$M$ , кг	$\eta_{х.с.ср}$	$g_{х.с}$	$q_{ср}$ , кПа	$q_{т}$ , кПа	$U$ , кт/м
Т-25А	1630	1200...1400	657	570	$\frac{6-16}{9,5-32}$	0,14...0,34 0,08...0,2	2020 706/1314	0,53	0,5	157	186	52
	1755	1100...1500	587			0,08...0,18				139	182	
	1837	1200...1480	450		11,2-28							
Т-16М	2500	$\frac{1280...1800}{1264...1750}$	560	575	$\frac{6-16}{9,5-32}$	0,14...0,34 0,10...0,15	1810(335/1475)	0,53	0,5	157	186	52
		139			182							
Т-16ММЧ	2550	$\frac{1575 \text{ и } 1875}{1600, 1750 \text{ и } 2050}$	973	466	$\frac{6-16}{0,5-32}$	0,14...0,34 0,1...0,15	2010(405/1605)	0,53	0,5	157	180	50
Т-40М	2120— 2145	1375...1840	500 и 650	890	$\frac{6,5-16}{13,6R38}$	0,14...0,31 0,10...0,16	2850(896/1954)	0,55	0,5	245	263	75
					или 9,5-42	93				140		
Т-40АМ	2250	1375...1840	450	910	$\frac{8,3-20}{13,6R38}$	0,08...0,25 0,10...0,16	2870	0,58	0,6	150	225	70
										93	140	
Т-40АНМ	2240	1300...1845	330	910	$\frac{8,3-20}{14,9-30}$	0,08...0,25	2870	0,58	0,6	150	225	70
										93	140	
Т-28Х4М	2251	$\frac{0}{1800...2400}$	825	585	$\frac{9-16}{9,5-42}$	0,14...0,35 0,08...0,21	3000(780/2220)	0,52	0,4	160	240	75
		180			270							
МТЗ-80	2370	1250...1800	645	814	$\frac{9-20}{15,5R38}$	0,14...0,25 0,10...0,17	3520(1210/2200)	0,56	0,5	160	200	109
		1250...2100			18,4L30	112				153		
					9,5-42							
МТЗ-82	2450	1250...1800	645	887	$\frac{11,2-20}{15,5R38}$	0,10...0,22 0,10...0,17	3730(1380/2240)	0,62	0,6	141	162	107
		1400...2100				111				152		



Тракторы, самоходные шасси	L, мм	B, мм	h <sub>д</sub> , мм	x <sub>ц.т.</sub> , мм	B <sub>1,2</sub> -D <sub>1,2</sub> , дюймы	P <sub>н1,2</sub> , МПа	M, кг	η <sub>х.с.</sub>	g <sub>х.с.</sub>	q <sub>ср.</sub> , кПа	q <sub>т.</sub> , кПа	U, кн/м
МТЗ-80Х	2470	$\frac{0}{1900}$	830	705	$\frac{12-16}{18,4-30}$	0,14...0,25 0,11	3570(980/2395)	0,52	0,4	146 116	168 158	91
МТЗ-100	2500	$\frac{1300...1850}{1400...2100}$	645	810	$\frac{9-20}{16,9R38;18,4R34;11,2-42}$	0,12...0,22 0,10...0,17	3750	0,58	0,5	175 115	220 158	118
МТЗ-102	2570	$\frac{1350...1800}{1400...2100}$	645	880	$\frac{11,2-20}{16,9R38;18,4R34;11,2-42}$	0,10...0,22 0,10...0,17	3950	0,62	0,6	145 114	180 156	115
ЮМЗ-6А	2450	$\frac{1360...1860}{1400...1800}$	645	747	$\frac{7,5-20}{15,5R38}$	0,14...0,25 0,1...0,17	3490(1156/2334)	0,56	0,5	200 120	300 180	130
T150К	2860	1680 и 1860	400	1820	21,5R24	0,10...0,18	8135(5200/2335)	0,65	0,6	155 122	203 160	185
T-157	2860	1910	515	1963	23,1-26	0,11...0,17	7730(5700/2430)	0,65	0,6	155 120	250 180	270
T-158	2860	1860	400	1900	21,3R24	0,14...0,27	7960(5000/2960)	0,65	0,6	150 120	200 165	—
К-700А	3200	2115	545		28,1R26	0,11...0,17	12810(8080/4730)	0,67	0,6	155 120	250 170	270
К-701	3200	2115	545	2200	28,1R26	0,11...0,17	13500 (9100/4400)	0,67	0,6	170 114	233 156	263
К-702	3200	2115	545	2300	28,1R26	0,12...0,26	12450(8860/3590)	0,67	0,6	165 100	220 140	—
К-703	3200	2115	545	2300	28,1R26	0,13...0,26	12400(8900/3500)	0,67	0,6	165 100	220 140	—







ОСТ 70/23.2.8 – 73). Показатели технического уровня рассчитывают по следующим формулам:

$$\eta_{\text{х.с.ср}} = \sum_{i=1}^{i=N} U_i \frac{0,4}{\sigma_i} \int_0^{D_{\text{кр.т}i}} e^{-\frac{(D_{\text{кр.и}} - D_{\text{кр.ср.и}})^2}{2\sigma_i^2}} \eta_{\text{х.с}} dD_{\text{кр.и}}$$

где  $U_i$  – относительное время работы трактора на  $i$ -том почвенном фоне;  $N$  – число почвенных фонов;  $D_{\text{кр.ср.и}}$  и  $\sigma_i$  – средняя удельная сила тяги и ее среднеквадратическое отклонение на фоне  $i$ ;  $D_{\text{кр.т}} = D_{\text{кр.ср}} + 3\sigma$  – максимальное значение удельной силы тяги трактора;  $\eta_{\text{х.с}} = \frac{1 - \delta}{1 + \frac{f_{\text{х.с}}}{D_{\text{кр}}}}$  – текущее значение КПД ходовой системы;

$\delta$ ,  $f_{\text{х.с}}$ ,  $D_{\text{кр}}$  – текущие значения соответственно буксования, коэффициента сопротивления качению и удельной силы тяги.

$$g_{\text{х.с}} = \frac{M_{\text{х.с}}g}{\sqrt{P_{\text{кр.н}}^2 + G_{\text{доп}}^2}},$$

где  $M_{\text{х.с}}$  – масса ходовой системы для колесного трактора, ходовой и несущей систем – для гусеничного трактора;  $P_{\text{кр.н}}$  – номинальная сила тяги на крюке;  $G_{\text{доп}}$  – догрузка трактора наиболее тяжелым навесным оборудованием или грузом, действующим на ходовую систему одновременно с поминальной силой тяги.

$q_{\text{ср}} = \frac{Mg}{2Lb}$  – для гусеничной и  $q_{\text{ср}} = \frac{Mg}{2F_1 + 2F_2}$  – для колесной систем.

$q_{\text{max}} = \frac{MgK_v}{2nbt}$  – для гусеничной и  $q_{\text{max}} = 1,5q_{\text{ср}}$  – для колесной ходовых систем.

$$U = \frac{B_1}{2B_a} \sum_{j=1}^{j=m} U_j + 75 \left( 1 - \frac{mB_1}{2B_a} \right),$$

где  $B_1$  – ширина зоны влияния уплотняющего воздействия трактора на почву;  $B_a$  – ширина захвата посевного агрегата с данным трактором;  $m$  – число следов движителей на поле от данного трактора;  $U_j = \omega b q_{\text{max}} (1 + \lg n')$  – показатель воздействия движителей, направляемых по одному следу, на почву (если  $U_j < 75$  кН/м, то его принимают равным нулю);  $\omega = 1,25$  для колесного и  $\omega = \left( 0,92 + 0,3 \frac{L}{b} \right)^{2/3}$  – для гусеничного движителя;  $n'$  – число движителей, направляемых по одному следу;  $b$  – ширина следа одиночного движителя.

Среднеквадратичные ускорения остова в зоне центра тяжести трактора

$$\ddot{z}_\sigma = \sqrt{2 \int_0^{\omega_m} |\phi_z(i\omega)|^2 \cdot 12,3 \cdot 10^{-4} \frac{0,169\omega^2 v + 0,0658v^3}{\omega^4 + 0,358v^2\omega^2 + 0,154v^4} d\omega},$$

где  $\omega_m = \infty$  — для упругой подвески ( $\omega_m = 2\pi \frac{v}{L}$  — для полужесткой подвески);  $\phi_z(i\omega)$  — передаточная функция подвески.

### 1.3. ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТЬ К РАЗЛИЧНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В ходовых системах большинства колесных тракторов и некоторых гусеничных можно регулировать отдельные параметры: давление в шинах, колею передних и задних колес, дорожный (или агротехнический) просвет, базу, а также устанавливать дополнительные колеса или полугусеничный ход, изменять ширину гусениц, положение направляющих колес, натяжение гусениц.

**Обработка почвы.** При пахоте колесными универсально-пропашными тракторами их правые колеса направляют по проложенной борозде, поэтому ширина шины должна быть не более ширины захвата корпуса плуга (30,35 или 40 см), что соответствует размерам шин (в дюймах — 12; 13,6; 15,5). Колею (рис. 3) можно рассчитать по формуле

$$B = m_k b_k + b + 0,12,$$

где  $m_k$  — число корпусов в плуге;  $b_k$  — захват корпуса, м.

При пахоте тракторами общего назначения, имеющими регулировку колеи (Т-150К), колеса необходимо установить на минимальное ее значение. Число корпусов определяют по формуле

$$m_k \geq \frac{B + b + 0,15}{b_k}.$$

При пахоте свекловодческим трактором Т-70С необходимо устанавливать гусеницы шириной 300 мм, что обеспечит более высокие тяговые качества, снизит износ гусениц и погектарный расход топлива.

При пахоте и других энергоемких операциях давление в шинах нужно выбирать с учетом увеличения нагрузки на задние (ведущие) колеса и ее уменьшения на передние. Для тракторов со всеми ведущими колесами это особенно важно, так как способствует снижению буксования при кинематическом согласовании скоростей вращения передних и задних ведущих

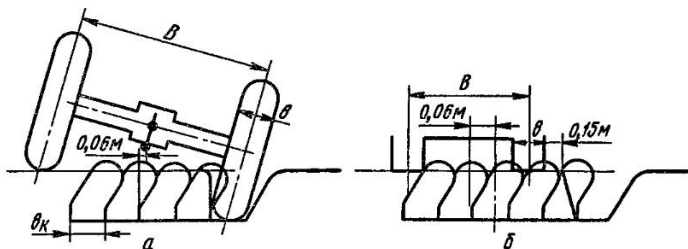


Рис. 3. Взаимосвязь между колесей и захватом плуга:  
 а – для универсально-пропашного трактора; б – для трактора общего назначения.

колес. Поэтому внутреннее давление в шинах должно строго соответствовать инструкциям по эксплуатации соответствующих тракторов и ГОСТ 7463 – 80.

Дорожный или агротехнический просвет при предпосевной обработке почвы должен быть минимальный. Это обеспечит лучшую устойчивость агрегата при высоких тяговых нагрузках и подъеме навесного оборудования в транспортное положение

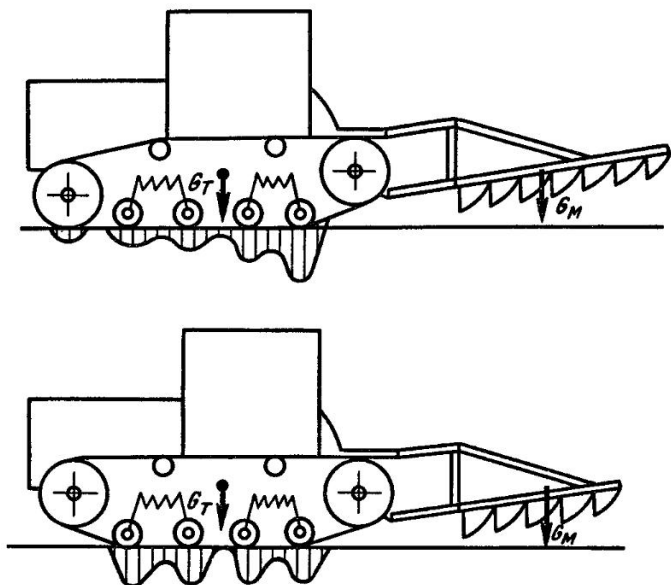


Рис. 4. Эпюры давления на почву при поднятом и опущенном направляющем колесе.

при поворотах и холостых переездах с одного участка на другой.

Длина опорной поверхности тракторов ДТ-75БВ и ДТ-75К должна быть наибольшей (направляющие колеса опущены) для повышения тяговых качеств и устойчивости с передними навесными орудиями.

При бороновании, а также культивации рыхлых почв повышенной влажности и поворотах с задними навесными орудиями в транспортном положении рекомендуется поднимать направляющие колеса для предотвращения возникновения спереди земляных валов и выравнивания давления на почву (эпюра показана на рис. 4).

**Сев, сплошная культивация и боронование.** Ходовые системы универсально-пропашных тракторов должны быть отрегулированы в соответствии с наладками, обеспечивающими минимальное воздействие на почву. Давление воздуха в шинах необходимо выбирать минимальное. Следует учитывать допустимость кратковременных перегрузок до 40% (ГОСТ 7463—80). Рекомендуемая расстановка колес: передних — на минимальную колею, задних — на максимальную. От этого уплотнения почвы под ними не складываются и под воздействием орудий плотность почвы восстанавливается по следам до оптимальной. При повышенной влажности почвы рекомендуется применение полугусеничного хода.

Ходовые системы колесных тракторов общего назначения Т-150К и К-701 рекомендуется оснащать сдвоенными колесами с увеличенным зазором между наружными и внутренними шинами. Давление в шинах: у внутренних — не более 0,08 МПа, у наружных — 0,06 МПа.

**Междурядная обработка.** В зависимости от размеров междурядий устанавливают размер колеи с учетом числа обрабатываемых рядков (табл. 4).

#### 4. Выбор колеи

Размер междурядий, см	Колея, мм, при числе обрабатываемых рядков				
	3 и 5	4	6	8	12
45	—	1350		1800	
50	—	1500		2000	
60	1200...1300	1800		2400	
70	1350...1450		2100		
90	1800		—		

На тракторах, имеющих передние колеса уже задних, колею передних устанавливают больше на 50 мм (если колея задних не кратна 100).

Для обеспечения необходимых защитных зон между движи-

телем и растениями в рядах, ширину гусениц или шин выбирают в зависимости от ширины междурядий:

— для узких междурядий (45 и 50 см) — шины шириной не более 11,2" и гусеницы шириной не более 220 мм;

— для междурядий 60 см — шины не более 15,5" и гусеницы не более 300 мм;

— для междурядий 70 см — шины не более 18,5" и гусеницы не более 420 мм;

— для междурядий 90 см — соответственно не более 26" и 600 мм.

При колее, не кратной по отношению к междурядью, допустимую ширину движителя уменьшают.

При обработке междурядий высокостебельных культур (кукурузы, подсолнечника, хлопка, чая и др.) агротехнический просвет должен быть достаточным для свободного прохода над растениями из условия обеспечения выполнения последней междурядной обработки.

При использовании тракторов общего назначения (Т-150, Т-150К, ДТ-75В, ДТ-175С и др.) для междурядной обработки низкостебельных культур с узкими междурядьями необходимо применять специальные узкие гусеницы (шириной 240 мм) и шины 16,9 R38, сдвоенные на расстоянии, равном междурядью.

**Транспортные работы.** Перед выполнением транспортных работ с полуприцепами и прицепами колею трактора необходимо установить равной или близкой к колее буксируемого прицепа или полуприцепа. При наличии сменных шин целесообразно использовать шины наибольшего размера при движении по полям и грунтовым дорогам в период распутицы или полугусеничный ход. Давление в шинах должно быть установлено с учетом догрузки колес трактора от прицепа (полуприцепа).

Тракторы с колесной формулой 3К2 следует переоборудовать, заменив одинарное переднее колесо на двухколесный передний мост, что повышает устойчивость при движении на поворотах и склонах.

При работе на дорогах с покрытием следует применять шины с наибольшей насыщенностью протектора (дорожные модели), отключать привод переднего ведущего моста, давление в шинах повышать до верхнего предела.

## 2. УСТРОЙСТВО И РАБОТА КОЛЕСНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ

Ходовая система колесных тракторов состоит из колесного движителя, подвески и механизма управления.

Движитель включает в себя ведущие и направляющие колеса и выполняется по четырем основным схемам (см. табл. 1).

В состав подвески входят элементы, соединяющие колеса с остом трактора. Подвеска может быть: жесткой (при отсутствии упругих элементов); полужесткой (при наличии упругих элементов в подвеске передних колес); упругой (при наличии упругих элементов в подвесках всех колес).

Механизм управления необходим для направления движения трактора и включает элементы изменения положения направляющих колес относительно остова или изменения положения передних и задних колес.

Колесная ходовая система должна обеспечивать хорошее сцепление ведущих колес с почвой, минимальное сопротивление перекатыванию трактора, минимальное уплотнение почвы, устойчивое прямолинейное движение трактора с навесными и прицепными орудиями, легкость поворота и необходимую плавность хода.

### 2.1. УСТРОЙСТВО

**Ходовые системы универсально-пропашных тракторов.** На тракторах Т-25А, Т-16М, Т-16ММЧ и ЮМЗ-6А движитель выполнен по схеме 4К2, подвеска — жесткая, с шарнирным соединением передней оси с остом трактора. Основные сборочные единицы такой ходовой системы — передняя ось (рис. 5) с направляющими колесами (рис. 6) и ведущие колеса (рис. 7).

Передняя ось трактора ЮМЗ-6А представляет собой качающуюся литую трубчатую балку 3 (см. рис. 5), соединенную осью качания 8 с проушинами переднего бруса остова. С обоих концов в балку вставлены выдвижные кулаки, состоящие из сваренных между собой кронштейна 4 и внутренней трубы 2. В последней имеются шесть отверстий, расположенных с интервалом 50 мм, для фиксатора 1. Это обеспечивает шесть положений выдвижного кулака в трубе и позволяет регулировать колею передних колес от 1260 до 1760 мм.

Для надежного соединения выдвижного кулака с трубой на концах последней имеются клеммовые зажимы с болтами 22.



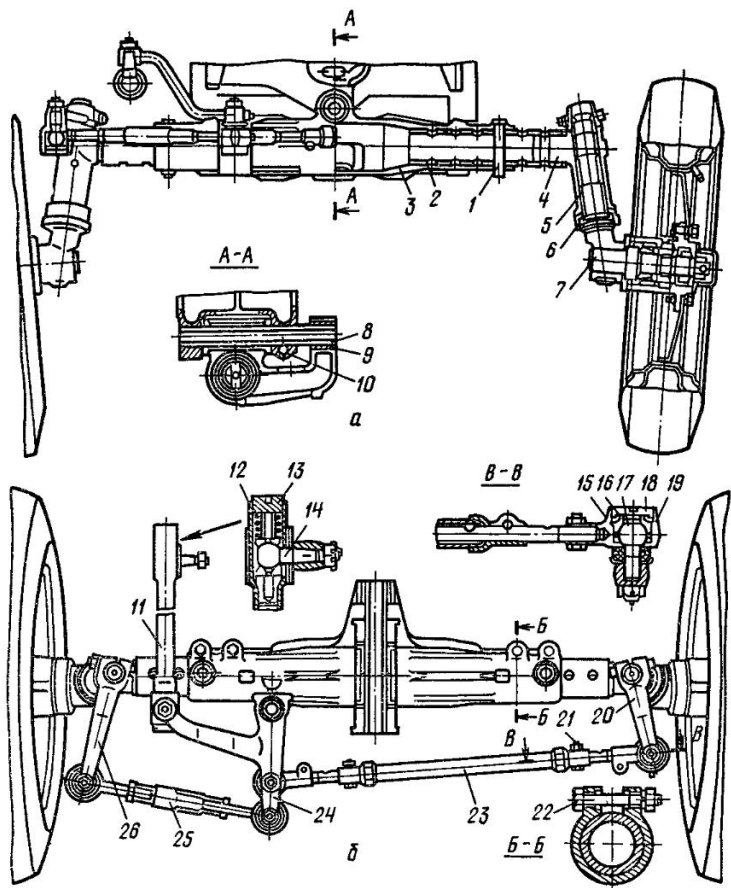


Рис. 5. Передняя ось:

*а* – вид спереди; *б* – вид сверху; 1 – фиксатор; 2 – труба выдвижного кулака; 5 – поворотная цапфа; 6 – шариковый подшипник; 7 – полуось; 8 – ось качания; 9 – втулка; 10 – клиновидный болт; 11 – продольная рулевая тяга; 12 – пружина; 13 – пробка продольной рулевой тяги; 14 – шаровой палец; 15 – сферический вкладыш; 16 – пружина; 17 – шаровой палец; 18 – регулировочная пробка; 19 – наконечник тяги; 20 – левый поворотный рычаг; 21 и 22 – болты; 23 – поперечная тяга; 24 – рулевой рычаг; 25 – толкающая тяга; 26 – правый поворотный рычаг.

В кронштейне 4 выдвижного кулака на двух втулках и упорном подшипнике 6 установлена поворотная цапфа 5, в которую запрессована полуось переднего колеса. На верхние концы поворотных цапф установлены на шлицах поворотные рычаги 20

и 26. Рычаги направлены вперед и соединены через поперечную 23 и толкающую 25 тяги с рулевым угловым рычагом 24, образуя разборную рулевую трапецию. Колеи тяги для регулировки выполнены раздвижными. Все тяги с рычагами соединены сферическими шарнирами. Угол поворота направляющих колес ограничен углом поворота рычага 24, упирающегося при повороте площадкой в прилив на трубе 3.

На полуосях установлены направляющие колеса, состоящие из диска 5 (см. рис. 6) с приваренным к нему ободом 3, ступицы 12 с пятью специальными болтами 9 и гайками, пневматической шины 2 и камеры. Для накачивания шин в камере имеется вентиль 4. Ступица колес вращается на двух конических роликовых подшипниках 6 и 11, закрепленных на полуоси 10 корончатой гайкой 7. С внутренней стороны ступицы установлено самоподжимное уплотнение, а внутрь закладывается консистентная смазка Литол-24. Перестановкой колес на ступице, поворачивая их на 180°, можно дополнительно изменять колею на 100 мм.

Ведущие колеса установлены на выступающие наружу шлицевые концы полуоси конечных передач и снабжены пневмати-

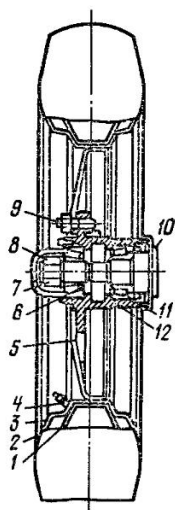


Рис. 6. Направляющее колесо:  
1 — камера; 2 — шина низкого давления; 3 — обод; 4 — воздушный вентиль; 5 — диск; 6 и 11 — роликовые подшипники; 7 — корончатая гайка; 8 — колпак; 9 — специальный болт; 10 — полуось; 12 — ступица.

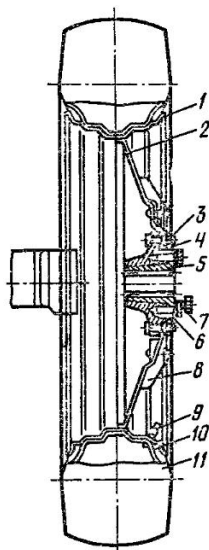


Рис. 7. Ведущее колесо:  
1 — обод; 2 — диск; 3 — специальные болты с гайками; 4 — ступица; 5 — верхний вкладыш; 6 — нижний вкладыш; 7 — монтажные болты; 8 — грузы; 9 — водовоздушный вентиль; 10 — камера; 11 — крышка.

ческими шинами низкого давления. Диск 2 (см. рис. 7) колеса с ободом 1 прикреплен к фланцу ступицы 4 восемью специальными болтами и гайками 3. Ступица крепится на полуоси с помощью вкладышей 5 и 6, стягиваемых со ступицей четырьмя болтами. Для увеличения сцепного веса на дисках задних колес можно закрепить дополнительные грузы 8, а также наполнить (до 75% объема) камеры шин жидкостью. Воздух накачивается до требуемого давления в остальную часть камеры. Для накачивания воздуха и заливки жидкости камера снабжена водовоздушным вентиляем 9.

Ходовая система трактора Т-25А отличается от описанной следующим: полуоси передних колес соединены с поворотными кулаками с помощью болтов, что позволяет изменять дорожный просвет; на переднем бруске имеется кронштейн для установки дополнительных грузов; поперечная тяга рулевого управления — цельная; на задних колесах имеется болтовое соединение дисков с ободами, что обеспечивает регулировку колеи; ступицы задних колес отсутствуют, их функции выполняют фланцы осей конечных передач.

Ходовая система самоходного шасси Т-16М отличается от Т-25А отсутствием регулировки дорожного просвета и штампованным исполнением трубы передней оси.

Ходовая система Т-16ММЧ отличается от перечисленных увеличенным дорожным просветом за счет более длинных подвижных кулаков и поворотных цапф.

Колесная формула тракторов Т-40М и МТЗ-80 также 4К2. На них применена полужесткая подвеска с шарнирным соединением передней оси и остова трактора, а также индивидуальным независимым подрессориванием передних колес винтовыми пружинами.

Передняя ось трактора МТЗ-80 показана на рисунке 8. Она отличается от передней оси ЮМЗ-6А наличием упругого элемента — винтовой пружины, установленной в поворотном кулаке между его верхним торцом и упорным подшипником поворотной цапфы. Поперечная рулевая тяга соединяет направленные назад рычаги цапф с центрально расположенным рычагом — сошкой вала гидроусилителя рулевого управления. На переднем бруске остова имеется кронштейн для установки дополнительных грузов. Ступица заднего колеса (рис. 9) установлена на полуоси заднего моста со шпоночным соединением и винтовым механизмом регулировки колеи. Винт сцепляется с рейкой на полуоси и при вращении гаечным ключом перемещает колесо по полуоси. Ступица зафиксирована в необходимом положении стяжными болтами. В остальном конструкция ведущих и направляющих колес аналогична трактору ЮМЗ-6А.

Передняя ось трактора Т-40М отличается от МТЗ-80 болтовым разъемным соединением полуоси колеса с поворотной цапфой, что позволяет иметь два значения агротехнического просвета под передней осью. Ступицы передних колес выпол-

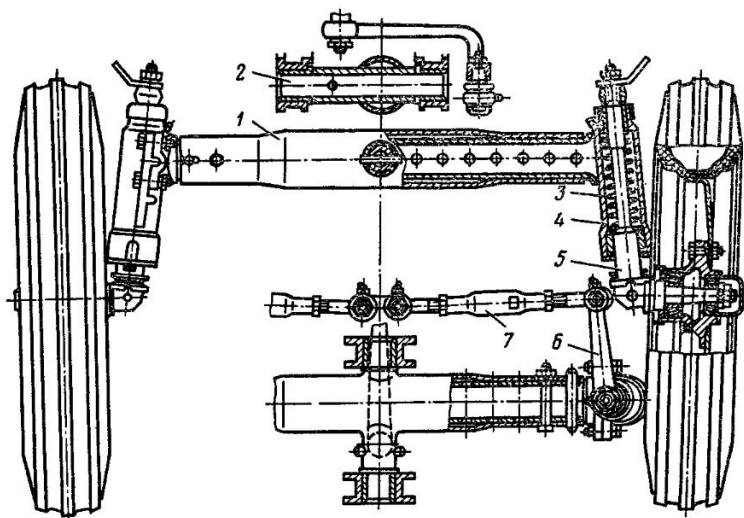


Рис. 8. Передняя ось трактора МТЗ-80:

1 — балансир; 2 — ось качания; 3 — пружина; 4 — поворотный кулак; 5 — поворотная цапфа; 6 — поворотный рычаг; 7 — рулевая тяга.

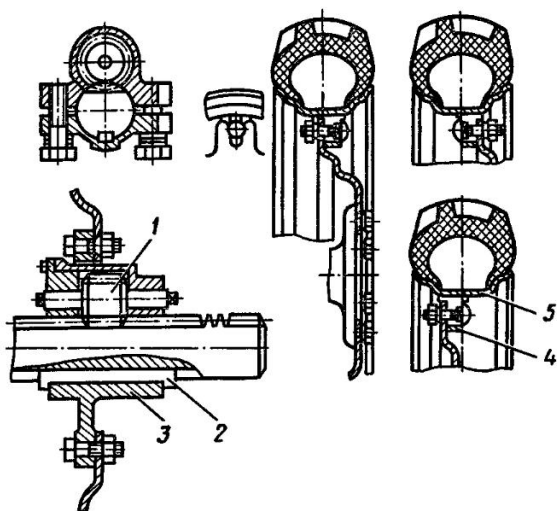


Рис. 9. Ступица ведущего колеса трактора МТЗ-82:

1 — червяк; 2 — шпонка; 3 — ступица; 4 — стойка; 5 — обод.

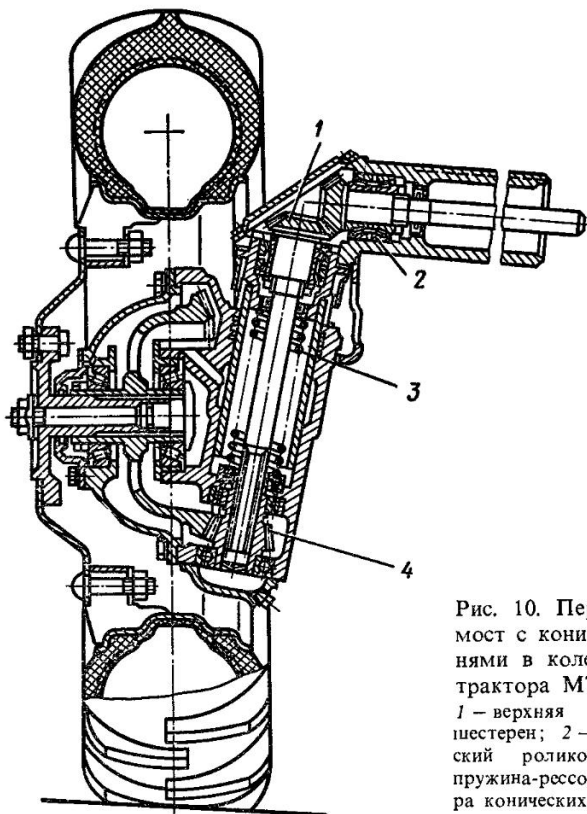


Рис. 10. Передний ведущий мост с коническими шестернями в колесном редукторе трактора МТЗ-82:

1 — верхняя пара конических шестерен; 2 — двойной конический роликоподшипник; 3 — пружина-рессора; 4 — нижняя пара конических шестерен.

нены литыми и выполняют функции дисков. Соединение с ободами — болтовое, что обеспечивает ступенчатое дополнительное регулирование колеи. Конструкция задних колес аналогична трактору Т-25А.

В ходовых системах тракторов Т-40АМ, Т-40АНМ, МТЗ-82 и МТЗ-82Н передний мост — ведущий (схема 4К4). Его колеса меньшего размера и снабжены упругой индивидуальной системой поддрессоривания винтовыми пружинами. Передний мост трактора МТЗ-82 показан на рисунке 10. Балка переднего моста соединена с брусом остова двумя полыми осями, что позволяет мосту качаться в поперечной плоскости. Конструкция моста обеспечивает бесступенчатое изменение колеи передних колес с помощью винтового механизма. Конструкция передних колес, имеющих болтовое соединение диска с ободом, позволяет дополнительно изменять колею на 300 мм.

Передний мост трактора Т-40АМ (рис. 11) отличается на-

ружным расположением пружин подвески (по две с каждой стороны) и конструкцией привода к передним ведущим колесам.

Ходовая система тракторов Т-28Х4М и МТЗ-80ХМ отличается трехколесным движителем 3К2 и жесткой подвеской. Их основные сборочные единицы — передняя ось с направляющим колесом и задние колеса. Передняя ось трактора МТЗ-80ХМ представляет собой стальную фасонную вилку 1 (рис. 12), в нижней части которой (в пазах) установлена ось колеса 7. На последней с помощью конических подшипников установлена ступица 9, к которой прикреплен диск обода центрального направляющего колеса трактора. Верхняя часть вилки соединена четырьмя болтами с фланцем вертикального вала гидроусилителя рулевого управления. Задние колеса — обычной конструкции и крепятся болтами и гайками к фланцам ведомых валов конечных передач.

**Ходовые системы тракторов общего назначения.** Двигатель колесной ходовой системы тракторов Т-150К и К-700 выполнен со всеми одинаковыми ведущими колесами (4К4) с полужест-

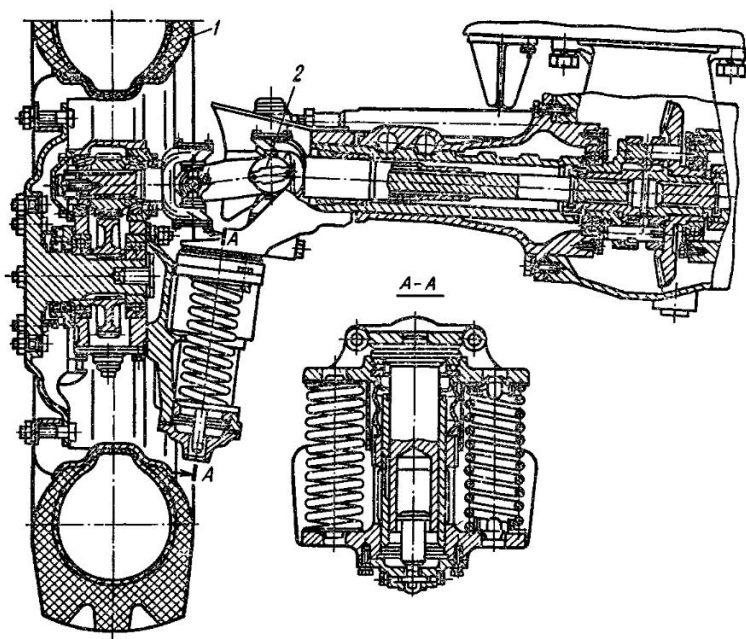


Рис. 11. Передний ведущий мост трактора Т-40АМ:  
1 — колесо; 2 — карданная передача.

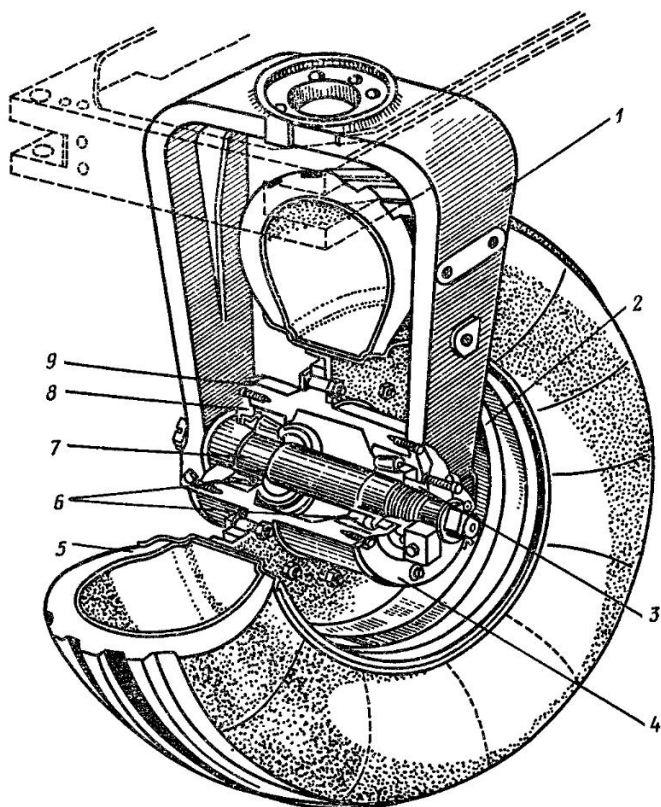


Рис. 12. Передняя ось трактора МТЗ-80ХМ:

1 – вилка; 2 – установочный винт; 3 – регулировочная гайка;  
4 и 8 – крышки; 5 – шина размером 310-406; 6 – роликовые  
подшипники; 7 – ось колеса; 9 – ступица.

кой подвеской (подрессорен передний мост) и механизмом управления, объединенным с шарнирной рамой.

Основные сборочные единицы – рама, подвеска, корпуса ведущих мостов с колесами и гидроцилиндр рулевого управления. Рама состоит из двух частей, соединенных двойным шарниром. Вокруг вертикального шарнира передняя и задняя части рамы поворачиваются на  $30^\circ$ , а вокруг горизонтального – на  $15^\circ$  в каждую сторону. Первый служит для поворота трактора, второй обеспечивает контакт с почвой всех четырех колес трактора при движении по неровностям.

Передний мост трактора Т-150К подвешен к раме на двух продольных полуэллиптических рессорах, жестко соединенных

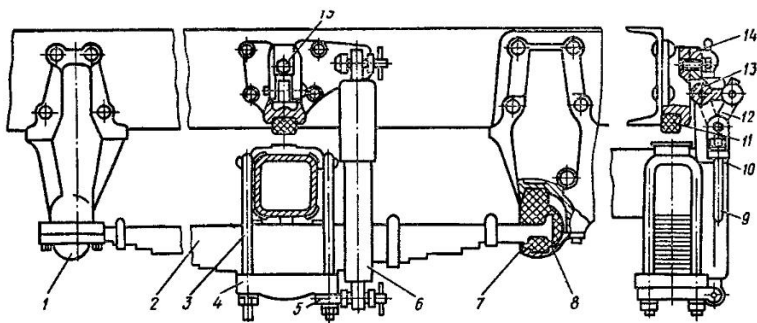


Рис. 13. Подвеска трактора Т-150К:

1 – крышка переднего кронштейна; 2 – рессора; 3 – стремянка; 4 – подкладка; 5 – нижний кронштейн амортизатора; 6 – гидроамортизатор; 7 – резиновая опора рессоры; 8 – крышка заднего кронштейна; 9 – стремянка блокировки; 10 – накладка; 11 – демпфер; 12 – серьга; 13 – ограничитель; 14 – замок; 15 – болт.

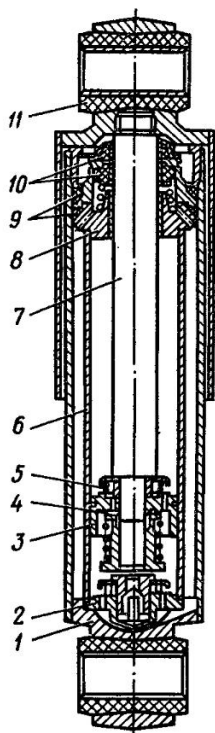
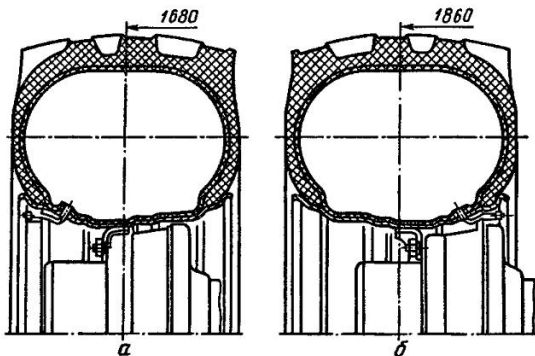


Рис. 14. Гидроамортизатор подвески трактора Т-150К:

1 – корпус с нижней проушиной; 2 – основание с перепускным и дополнительным клапаном сжатия; 3 – поршень; 4 – клапан отдачи; 5 – клапан сжатия; 6 – цилиндр; 7 – шток с верхней проушиной; 8 – крышка цилиндра; 9 – уплотнение крышки; 10 – уплотнение штока; 11 – резиновая втулка.

Рис. 15. Установка колеса трактора Т-150К:

а – на узкую колею; б – на широкую колею.





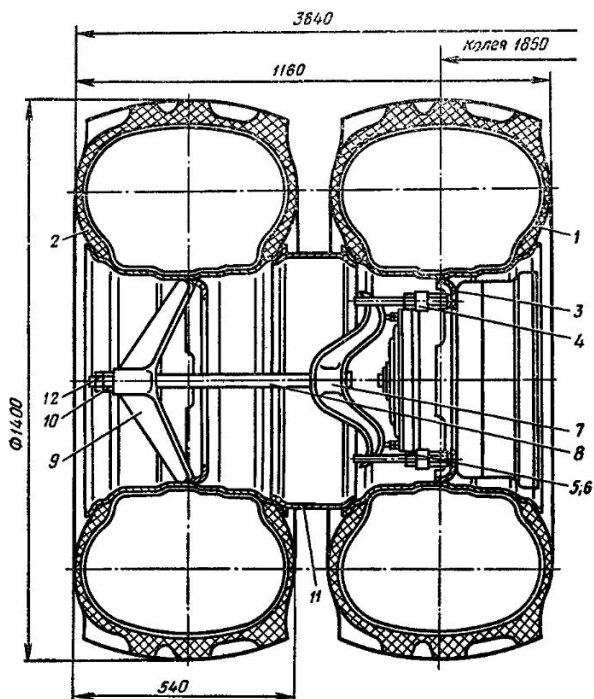


Рис. 16. Приспособление для сдвигания колес трактора Т-150К:

1 – внутреннее колесо; 2 – наружное колесо; 3 – высокая гайка; 4 – кронштейн; 5 – болт; 6 – пружинная шайба; 7 – захват; 8 – стяжной болт; 9 – прижим; 10 – гайка; 11 – проставочное кольцо; 12 – контргайка.

с мостом стремянками 3 (рис. 13), а с кронштейнами рамы – резиновыми опорами 7 и крышками 8.

Для гашения колебаний при движении трактора подвеска переднего моста оборудована двумя гидравлическими амортизаторами 6, закрепленными пальцами в кронштейнах рамы и рессор. Амортизатор телескопического типа, двухстороннего действия, состоит из корпуса с нижней проушиной 1 (рис. 14) цилиндра 6, поршня 3 и штока 7 с верхней проушиной. В нижней части амортизатора установлены перепускной и дополнительный клапаны сжатия, а на поршне – клапаны отдачи 4 и сжатия 5. Резиновые втулки 11 в проушниках смягчают нагрузки и компенсируют перекосы.

Перемещение переднего моста вверх ограничено резиновым демпфером 11 (рис. 13), а вниз – ограничителем 13 с серьгой 12 блокировки. Механизм блокировки служит для жесткого соеди-

нения переднего моста с рамой и используется как блокировка шарниров рамы при транспортировке трактора.

Задний мост жестко прикреплен к кронштейнам задней части рамы с помощью бугелей и болтов с гайками.

Колесо трактора (рис. 15) состоит из шины низкого давления, камеры с воздушным вентиляем, диска и обода. Его устанавливают на шпильках колесного редуктора с помощью гаек (вентилем наружу при колее 1680 мм и внутрь — при 1860 мм). По специальному заказу для трактора поставляется приспособление, позволяющее устанавливать дополнительно четыре колеса. Приспособление состоит из распорной трубы 1 (рис. 16), скобы 2 и стяжной шпильки с гайкой 3.

Ходовая система трактора К-700 отличается от Т-150К размерами, отсутствием гидроамортизаторов подвески, способом крепления колес и заднего моста.

Ходовые системы тракторов Т-157, Т-158, К-700, К-701, К-702 и К-703 также имеют движители, выполненные по схеме 4К4, и отличаются жесткой подвеской. Отличие рамы К-701 состоит в больших углах поворота ( $\pm 35^\circ$ ) и качания ( $\pm 16^\circ$ ).

Подвеска ведущих мостов трактора «Кировец» состоит из стремянок 2 (рис. 17), проставочного кронштейна 4 и гаек 5. Проставочный кронштейн обеспечивает установку ведущих мостов под углом  $10^\circ$ , что позволяет уменьшить углы установки карданных валов. Кронштейн 4 устанавливают на ведущем мо-

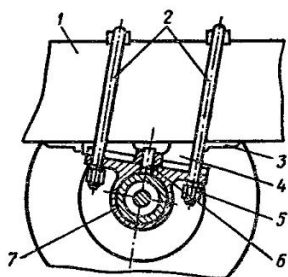


Рис. 17. Подвеска ведущих мостов трактора К-701:

1 — продольная балка рамы; 2 — стремянки; 3 — упор; 4 — кронштейн; 5 — гайка; 6 — центровочный штифт; 7 — ведущий мост.

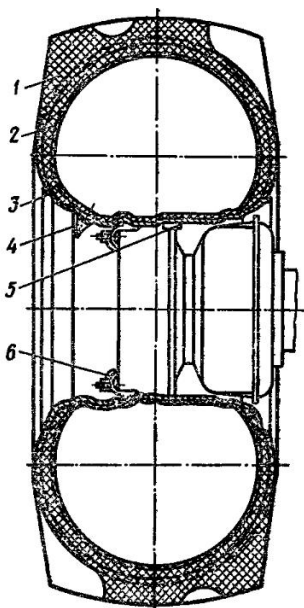


Рис. 18. Колесо трактора К-701:

1 — шина; 2 — камера; 3 — обод; 4 — воздушный вентиль; 5 — ограничитель; 6 — прижимы.

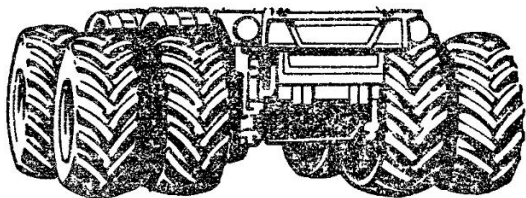


Рис. 19. Пример установки двоянных шин.

сту 7 с помощью центровочного штифта 6. Место крепления к раме определено упорами 3. Крепления переднего и заднего мостов отличаются только длиной стремянок и расположением проставочных кронштейнов, которые развернуты под углом  $180^\circ$ .

Колеса трактора «Кировец» состоят из шины 1 (рис. 18), камеры 2, водовоздушного вентиля 4 и глубокопрофильного обода 3. Колеса крепят к конечным передачам с помощью шпилек с гайками и прижимов 6. Для работы на слабых почвах могут устанавливаться дополнительные (рис. 19 и форзац) колеса (сдвоенные). Аналогичные ходовые системы имеют многие мощные зарубежные колесные тракторы, например универсальное самоходное шасси *VIMA* (Франция).

Ходовые системы мотоблоков выполнены по схеме движителя 2К2 и с жесткой подвеской. Они состоят из колес с пневматическими шинами или каркасных металлических колес, которые прикреплены к фланцам полуосей болтами и гайками.

## 2.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ

**Тяговые качества.** Сила тяги колесного трактора, необходимая для перемещения навесных или прицепных орудий, машин или прицепов с грузом,

$$P_{кр} = X_k - P_f \quad (1)$$

где  $X_k$  — сила сцепления ведущих колес с почвой, грунтом или дорогой;  $P_f$  — сила сопротивления перекатыванию самого трактора.

Из уравнения (1) видно, что сила тяги находится в прямой зависимости от силы сцепления и в обратной — от силы сопротивления.

Сила сцепления  $X_k$  определяется массой, нагружающей ведущие колеса, и площадью контакта этих колес с почвой (рис. 20), а также свойствами почвы.

Масса, нагружающая ведущие колеса, зависит от положения центра тяжести трактора, а также от опрокидывающего момента  $P_{кр}h_{кр}$ , действующего на трактор от орудия или машины, с которой он работает.

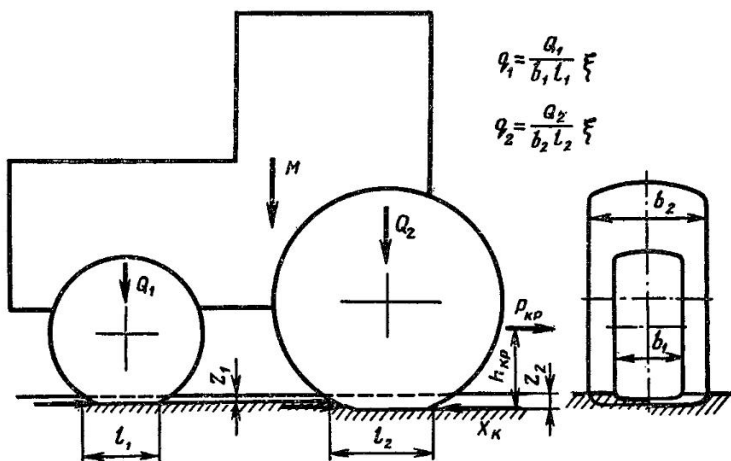


Рис. 20. Взаимодействие колесной ходовой системы с почвой (грунтом):

$Q_1$  и  $Q_2$  — нагрузка на колесо;  $b_1$  и  $b_2$  — ширина колеса;  $l_1$  и  $l_2$  — длина контакта колеса;  $z_1$  и  $z_2$  — глубина погружения колес;  $P_{кр}$  — сила тяги на крюке;  $h_{кр}$  — плечо приложения  $P_{кр}$ ;  $M$  — масса трактора;  $\xi$  — коэффициент, учитывающий свойства почвы (грунта).

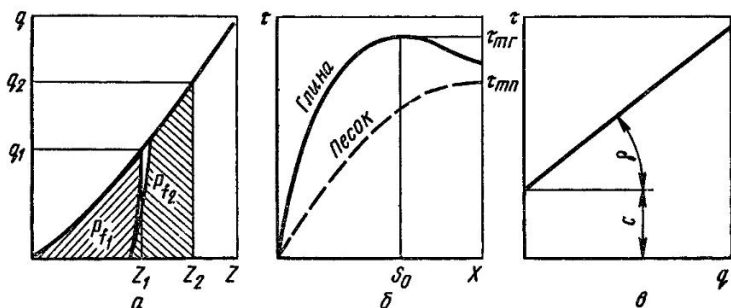


Рис. 21. Взаимосвязь свойств почвы и внешних воздействий на нее:  $a$  — зависимость погружения колес ( $z$ ) от удельного давления ( $q$ ) и изменение силы сопротивления  $P_f$  в зависимости от  $z$ ;  $б$  — зависимость сопротивления сдвигу ( $\tau$ ) от горизонтального перемещения ( $X$ ) для связанной (глина) и несвязанной (песок) почвы;  $в$  — зависимость сопротивления сдвигу (касательной силы тяги)  $\tau$  от удельного давления  $q$  — уравнение Мора — Кулона  $\tau = C + q \operatorname{tg} \rho$  ( $C$  — сцепление, определяемое прочностью структурных связей грунта;  $\rho$  — угол внутреннего трения).

Рис. 22. Зависимость величины площади контакта шины  $F$  с почвой от давления  $P_w$ :

$Q$  — нагрузка на колесо (40, 24, 12, 10, 7, 6 кН) для шин 28,1R26; 21,3R24; 15,5R38; 13,6R38; 9,5-42; 8-20.

Площадь контакта колес с почвой зависит от размеров шин, давления воздуха в них, формы и размеров рисунка протектора, от глубины вмятия колес в почву.

Сила сопротивления перекачиванию  $P_f$  зависит от массы, нагружающей все колеса, ее распределения между ведущими и направляющими колесами, деформации шин и внутреннего трения в их материале, а также от свойств почвы (грунта).

Свойства почвы, грунта или дорожного полотна существенно влияют на тяговые качества колесной ходовой системы и характеризуются следующими показателями:

— модулем деформации  $E = q/z$ , определяющим сопротивление почвы внешней нормальной нагрузке. Чем он больше, тем меньше глубина колеи под колесами и меньше сопротивление качению колес (рис. 21, а);

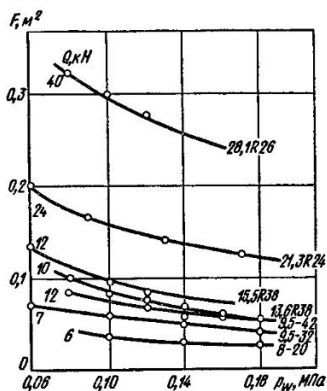
— коэффициентом внутреннего трения  $\text{tg } \rho$ , определяющим часть силы сцепления за счет массы, нагружающей колесо. Чем он больше, тем больше сила сцепления  $X_k = X_{k1} + X_{k2} = Q \text{tg } \rho + Cb_2l_2$  (рис. 21, б);

— сцеплением почвы  $C$ , определяющим ту часть силы сцепления, которая зависит от площади контакта колеса с почвой (рис. 21, в).

Значением горизонтальной деформации почвы, соответствующим максимальному сопротивлению почвы сдвигу  $S_0$ , характеризуется буксование  $\delta$  ведущих колес (рис. 21, б).

Основные закономерности взаимодействия ходовой системы с почвой (грунтом) позволяют определить влияние параметров ходовой системы на тяговые качества трактора.

Давление воздуха в шинах определяет величину деформации шины, площадь ее контакта с почвой, грунтом или дорогой (рис. 22). Чем меньше давление воздуха, тем больше деформация шины и площадь ее контакта с дорогой, а следовательно, выше сила сцепления, меньше давление на почву, глубина колеи и сопротивление качению. Но наряду с этим возрастают потери на внутреннее трение в материале шины и вызываемое ими сопротивление качению, снижается давление почвозацепов и уменьшается их погружение в почву и сила сцепления. Это противоречие требует выбора оптимального давления воздуха



для каждого вида почвы, грунта, дороги, которые указываются в инструкциях по эксплуатации тракторов (см. табл. 5).

Нагрузку на ведущие колеса можно изменять за счет установки дополнительных грузов, заполнения камер жидкостью, использования догрузителя ведущих колес при работе с навесными орудиями. Увеличение нагрузки требует увеличения давления воздуха в шинах (ГОСТ 7463—80).

### 5. Давление воздуха в шинах для различных условий работы тракторов

Трактор и вид работы	Размер шин		Давление воздуха в шинах, МПа	
	передних	задних	передних	задних
<b>Т-25А</b>				
Сельскохозяйственные работы	6-16	9,5-32	0,14	0,08
Транспортные работы	6-16	9,5-32	0,34	0,20
<b>Т-16М и Т-16ММЧ</b>				
Сельскохозяйственные работы	6-16	11,2-28	0,14	0,08
Транспортные работы	6-16	11,2-28	0,34	0,20
<b>Т-40М, Т-40АМ, Т-40АНМ</b>				
Сельскохозяйственные работы	6,5-16	13,6R38	0,14	0,10
Транспортные работы	6,5-16	13,6R38	0,30	0,16
Сельскохозяйственные работы	8,3-20	9,5-42*	0,08	0,12
Транспортные работы	8,3-20	9,5-42*	0,25	0,16
Сельскохозяйственные работы	8,3-20	14,9-30	0,08	0,12
Транспортные работы	8,3-20	14,9-30	0,25	0,17
<b>МТЗ-80 и ЮМЗ-6АМ</b>				
Сельскохозяйственные работы	7,5-20 или 9,0-20	15,5R38	0,14	0,12
Транспортные работы	7,5-20 или 9,0-20	15,5R38	0,25	0,17
<b>МТЗ-82 и МТЗ-82Н</b>				
Сельскохозяйственные работы	11,2-20	15,5R38	0,08	0,12
Транспортные работы	11,2-20	15,5R38	0,25	0,16

Трактор и вид работы	Размер шин		Давление воздуха в шинах, МПа	
	передних	задних	передних	задних
Сельскохозяйст- венные работы	11,2-16	16,9R30	0,08	0,12
<b>МТЗ-80Х</b>				
Сельскохозяйст- венные работы	12-16	18,4L30	0,14	0,11
Транспортные работы	12-16	18,4L30	0,25	0,14
<b>Т-150К</b>				
Ранневесенние работы	21,3R24	21,3R24	0,10	0,08
Остальные сельскохозяйст- венные работы	21,3R24	21,3R24	0,12	0,10
Транспортные работы с прицепами	21,3R24	21,3R24	0,16	0,12
Транспортные работы с полуприцепами	21,3R24	21,3R24	0,14	0,18
<b>К-701 и К-700А</b>				
Ранневесенние работы	28,1R26	28,1R26	0,14	0,11
Остальные сельско- хозяйственные и транспортные работы	28,1R26	28,1R26	0,17	0,16

\* Для малых междурядий.

Применение переднего ведущего моста, а также ходовой системы со всеми ведущими колесами одинакового размера способствует повышению тяговых качеств, так как увеличивается масса, нагружающая ведущие колеса с 70...80 до 100% массы трактора, а также повышается площадь контакта ведущих колес с почвой (грунтом).

На многих колесных тракторах предусмотрено использование шин различных типоразмеров (см. табл. 1). Для повышения тяговых качеств необходимо использовать на слабых почвах шины большего размера с пониженным давлением воздуха, так как при этом увеличивается площадь контакта с почвой [1].

При работе на очень влажных почвах (например, рисовые чеки) применяют специальные шины с высокими почвозацепами, увеличенным шагом их расположения, что повышает сопротивление почвы сдвигу и снижает залипание шин.

Наибольшее увеличение площади контакта с почвой достигается применением полугусеничного (рис. 23 и форзац) хода (гусеница — резинотканевая лента со стальными штампованными почвозацепами; шины: ведущих колес — 15,5R38, натяжных — 6,5-16) и сдвоенных (см. рис. 19) или строенных колес. Однако при этом увеличивается сопротивление качению, так как повышается трение в шинах, а в гусеничном движителе возникают дополнительные потери. Поэтому такие средства целесообразны, когда без них движение или работа агрегата невозможны. В перспективных тракторах намечается применение колес с шинами больших размеров, особенно передних (рис. 24 и форзац).

**Агротехнические качества.** В соответствии с ГОСТ 24096—80 ходовые системы должны обеспечивать среднее давление на почву движителей не более 0,08...0,11 МПа. Методы определения средних давлений на почву изложены в ГОСТ 7057—81 и предусматривают определение нагрузок на все колеса ( $Q_1$  и  $Q_2$ ) взвешиванием на автовесах, определение площадей контакта колес с твердой опорной поверхностью измерением пятна  $F_1$  и  $F_2$  контакта шин под нагрузкой, соответствующей эксплуатационной, и при минимальном допустимом давлении воздуха в шинах. Среднее давление на опорную поверхность

$$q_{\text{ср}} = \frac{2Q_1 + 2Q_2}{F_1 + F_2}.$$

Среднее давление не может в достаточной степени характеризовать агротехническое или уплотняющее воздействие на почву ходовой системы трактора. Предложен ряд других показателей: максимальное давление на почву  $q_{\text{max}}$ , учитывающее неравномерность распределения напряжений в почве  $\sigma_z$  при передвижении по ней трактора (рис. 25); показатель воздействия  $U$ , учитывающий увеличение объемной массы почвы под движителем и др.

При испытаниях тракторов по ГОСТ 7057—81 рекомендуется определять объемную массу почвы на контрольном участке поля, подготовленного под посев, и под следами движителей на опытных делянках. Сравнение объемных масс почвы на глубинах 0...10, 10...20 и 20...30 см взятием проб (объемом 500 см<sup>3</sup>), их взвешиванием и обработкой результатов замеров позволяет оценить совершенство ходовой системы трактора и его пригодность для использования на данном виде почвы.

В связи с повышением энергонасыщенности тракторов растет их масса, что увеличивает воздействие ходовых систем на почву. Проблема снижения их воздействия становится весьма актуальной, так как его увеличение существенно снижает урожайность сельскохозяйственных культур (рис. 26).

Устойчивое прямолинейное движение машинно-тракторного агрегата обеспечивается сочетанием оптимальных параметров ходовой системы и механизма рулевого управления или пово-



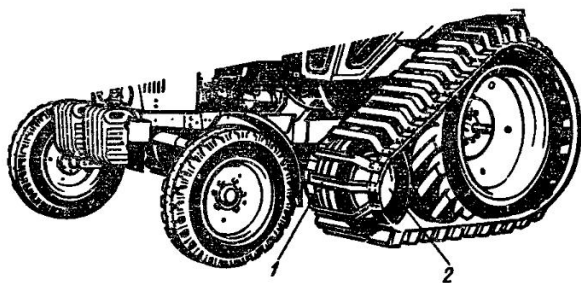


Рис. 23. Полугусеничный ход:  
1 – гусеница; 2 – натяжное колесо.

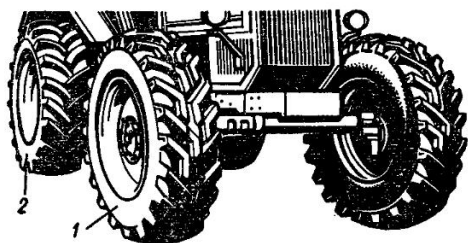


Рис. 24. Ходовая система с передними колесами  
увеличенных размеров:  
1 – передние колеса; 2 – задние колеса.

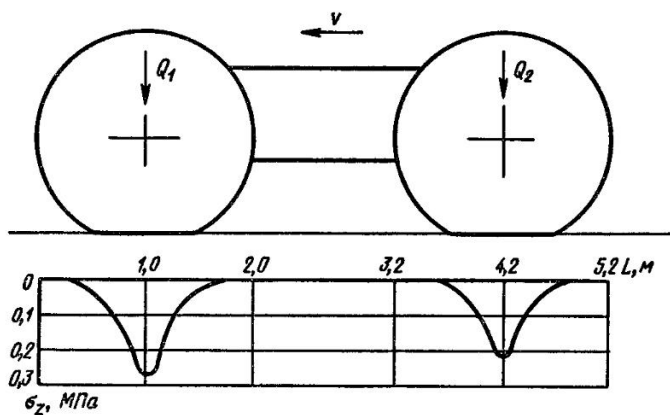


Рис. 25. Эюра давления на почву колесного трактора.

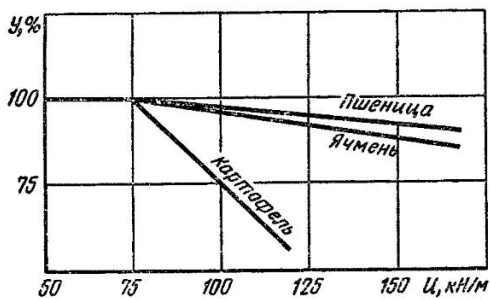


Рис. 26. Влияние уплотнения почвы (воздействие —  $U$ ) на урожайность сельскохозяйственных культур ( $У$ ) %.

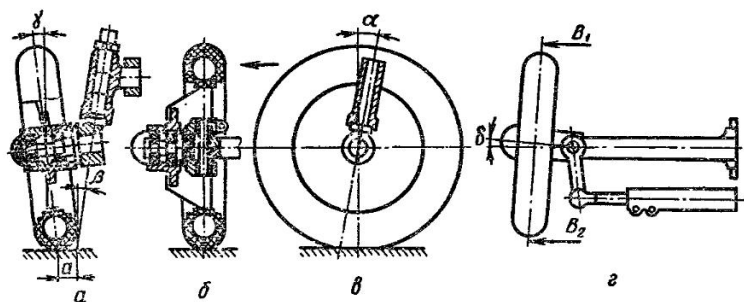


Рис. 27. Установка направляющих колес:

а — с развалом колес и наклоном оси; б — без развала; в — с наклоном оси поворотного кулака назад; г — со сходимостью.

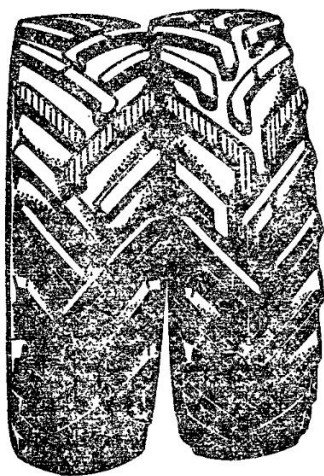


Рис. 28. Шины 16,9/14R30 трактора МТЗ-82Н:

слева — обычный рисунок протектора; справа — специальный рисунок протектора для работы на склонах более 10°.

рота. В связи с этим можно отметить следующие основные конструктивные параметры ходовых систем:

— нагрузка на управляемые колеса (не менее 20% массы трактора);

— размер и рисунок протектора и шин направляющих колес, который должен иметь направляющие ребра (шины выбирают по ГОСТ 7463—80);

— углы установки направляющих колес (рис. 27). Их значения: развал  $\gamma = 1,5...4^\circ$ , боковой наклон шкворня  $\beta = 0...6^\circ$ , наклон шкворня в продольной плоскости  $\alpha = 3...12^\circ$ , сходимость колес  $(B_2 - B_1) = 4...12$  мм;

— буксование колес в пределах, не превышающих допустимое по ГОСТ 7057—81;

— правильный выбор рисунка протектора ведущих колес (рис. 28), особенно при работе на поперечных склонах, когда трактор под действием боковой составляющей силы тяжести имеет тенденцию к сползанию (почвозацепы должны иметь наклон к оси колеса под углом  $25...45^\circ$ , а на склонах более  $10^\circ$  — дополнительные выступы в продольном направлении);

— рулевая трапеция должна обеспечивать движение всех колес трактора по окружностям, имеющим общий центр, поэтому соотношение ее размеров должно соответствовать уравнению (рис. 29):

$$\alpha_n = \sqrt{\left\{ \arctg \left[ \frac{M}{L} + \operatorname{ctg}(\alpha_n - \delta_{\max}) \sqrt{\alpha_n} \right] \right\}^2 - 1.}$$

**Плавность хода** обеспечивается упругостью шин (табл. 6) и рессор, а также коэффициентом сопротивления подвески, определяемым трением в ее сборочных единицах и наличием амортизаторов.

Уровень низкочастотных колебаний определяют по ГОСТ 12.02. 019—76. Ходовая система должна обеспечивать на остовах в зоне расположения сиденья уровень низкочастотных колебаний, не более чем в 1,5 раза превышающий уровень по указанному стандарту. В этом случае непосредственно на сиденье будет допустимый уровень колебаний.

Жесткость шин и величина их допустимой деформации (ГОСТ 7463—80) недостаточны для обеспечения указанных норм, поэтому на большинстве новых колесных тракторов передние колеса подрессорены (табл. 7).

Для улучшения плавности хода колесных тракторов перспективны пневматические подвески с гидроамортизаторами (рис. 30) и гидравлические подвески, в которых упругий элемент и амортизатор объединены в одну сборочную единицу. Новые типы подвесок позволяют получить прогрессивную (нелинейную), регулируемую в зависимости от нагрузки на колесо характеристику и эффективное гашение колебаний, что особенно важно при работе трактора с навесными орудиями.

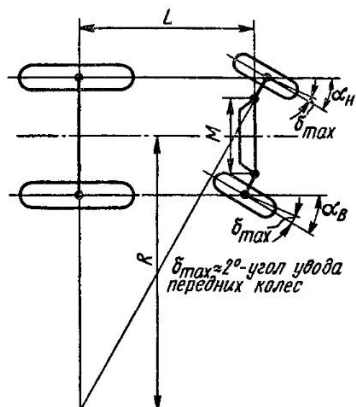


Рис. 29. Схема поворота колесного трактора.

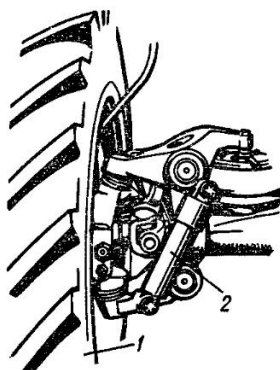


Рис. 30. Пневматическая подвеска с гидроамортизатором:  
1 – колесо; 2 – гидроамортизатор.

## 6. Жесткость тракторных шин

Шины	Жесткость (кН/м) при давлении воздуха в шинах (МПа)			
	0,08	0,10	0,15	0,20
4,5-16	80...100	90...110	120...140	130...160
6-16	—	100...120	130...160	150...180
7,5-16	—	110...130	140...170	160...200
10,6-28	150...160	180...200	—	—
9,5-32	130...140	150...170	—	—
12R38	200...220	240...260	320...340	—
13,6R38	180...200	220...230	300...310	—

## 7. Жесткость и сопротивление подвесок

Трактор	Параметры подвесок передних колес				
	жесткость подвески, кН/м	коэффициент сопротивления, кН/м	упругий ход, мм		
			предварительное поджатие	статический	динамический
Т-40М	600	—	12	0	22
МТЗ-80	700	—	8	4	24
Т-150К	630	7,0 (на ходе сжатия) 21,8 (на ходе отбоя)	0	60	50
Т-40АМ	440	—	25	0	32
МТЗ-82	700	—	8	5	23

## 2.3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ШИН И КОЛЕС (ОБODOB)

Обозначение шин: В-Д, ВЛД или ВРД, где В — ширина профиля на ободе в дюймах, Д — номинальный диаметр обода в дюймах, черточка между В и Д означает диагональное расположение нитей корда, L — обозначение низкопрофильных шин, R — обозначение шин с радиальным расположением нитей корда.

Все тракторные шины рассчитаны на работу со скоростями до 35 км/ч. В зависимости от отношения наружного диаметра к ширине профиля шины условно разделяют на узкие (6...7), средние (4,7...6) и широкие (4...4,5).

По размерам шины бывают крупногабаритные (КГШ), среднегабаритные (СГШ) и малогабаритные (МГШ); по профилю — обычного (или нормального) профиля, широкопрофильные, низкопрофильные, сверхнизкопрофильные, арочные шины и пневмокатки; по способу герметизации — камерные и бескамерные.

Основные параметры шин:

- допустимая вертикальная нагрузка  $Q$ ;
- соответствующая радиальная деформация  $h$ ;
- действительная площадь контакта  $F_1$ ;
- условная площадь контакта  $F$ ;
- радиус качения колеса  $r$ .

Основные параметры шин и основные размеры колес приведены в таблице 8, а обозначения показаны на рисунках 31 и 32.

Ободы обозначают ДWB-Д по ГОСТ 10410—82.

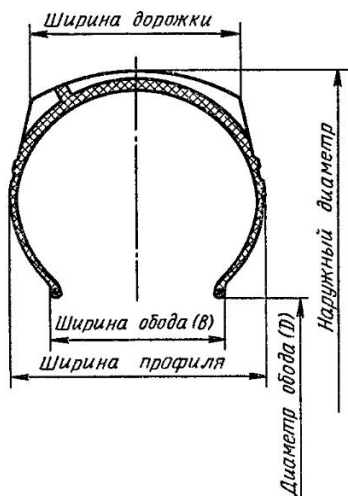


Рис. 31. Основные размеры шины.

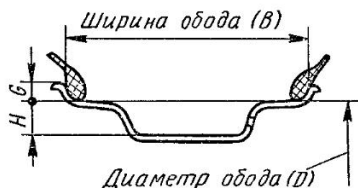


Рис. 32. Основные размеры колес.

## 8. Параметры шин и ободов

Обозначение	Параметры шины						Параметры обода		
	наруж- ный диа- метр/ши- рина, мм	давление воздуха, МПа	допусти- мая нагрузка, кН	радиальная деформация, мм	действитель- ная площадь/ условная площадь, см <sup>2</sup>	радиус каче- ния, м	ширина, мм/диаметр, мм	G, мм	H, мм
6,00-16/4,5E16 (дисковый)	750/175	0,226	4,51	—	—	0,355	114,0/405,6	20,0	24,0
		0,265	4,90	—	—	—			
		0,284	5,10	—	—	—			
6,50-16/4,5E16 (бездисковый)	778/185	0,324	5,49	—	—	—	114,0/405,6	20,0	24,0
		0,226	5,10	—	—	0,370			
		0,265	5,59	—	—	—			
7,50-20/5,50F20	910/205	0,304	6,03	—	—	—	140,0/512,8	22,0	27,0
		0,137	5,79	—	—	0,427			
		0,176	6,67	—	—	—			
8,3-20/W7 × 20	940/216	0,216	7,65	—	—	—	177,8/512,8	22,2	22,0
		0,08	4,5	—	120/320	0,440			
		0,12	5,3	25,5	—	0,443			
11,2-20/W7 × 20	985/284	0,19	6,8	25,5	—	0,445	177,8/512,8	22,2	22,0
		0,10	7,5	—	—	0,46			
		0,14	9,12	—	—	—			
9,5-32/W8 × 32	1240/237	0,18	10,59	—	—	—	203,2/817,6	22,2	22,0
		0,08	5,93	34,2	175/585	0,586			
		0,12	7,55	—	—	0,571			
11,2-28/W9 × 28	—	0,20	10,15	—	—	0,593	228,6/716,0	25,4	22,0
		0,08	6,82	—	—	—			
		0,12	8,73	—	—	—			
14,9-30/DW12 × 30	—	0,18	10,99	—	—	—	304,8/766,8	25,4	22,0
		0,10	13,34	—	—	—			
		0,12	14,81	—	—	—			
9,5-42/DW8 × 42	1505/237	0,14	16,33	—	—	—	203,2/1071,6	22,2	22,0
		0,08	6,8	32	140/540	0,719			
		0,14	9,5	—	—	—			
13,6-38/DW11 × 38	1540/345	0,16	10,2	—	—	—	279,4/970,0	25,4	22,0
		0,20	11,6	—	—	0,725			
		0,10	12,4	52	240/1570	0,743			
15,5-38/DW14 × 38	1570/394	0,12	13,9	52	—	0,745	355,6/970,0	25,4	28,0
		0,16	16,0	50,5	—	0,750			
		0,10	14,4	43	200/950	0,717			
18,4-30/DW16 × 30	1520/490	0,12	16,0	42,5	—	—	406,4/766,8	28,6	28,0
		0,14	17,4	43	—	—			
		0,11	20,8	—	—	0,693			
21,3-24/DW18 × 24	1398/536	0,13	22,76	—	—	—	457,2/614,4	28,6	28,0
		0,16	22,65	—	—	—			
		0,18	27,61	—	—	—			
28,1-26/DW24 × 26	1723/687	0,08	18,0	52,7	470/1330	0,648	610/665,2	28,6	28,0
		0,13	22,0	—	—	0,652			
		0,17	25,0	—	—	0,656			
		0,08	28,0	77	870/2440	0,795			
		0,10	32,0	77,5	—	0,798			
		0,125	41,5	88	—	0,801			



### **3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГУСЕНИЧНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ**

Ходовая система гусеничного трактора состоит из гусеничного движителя и подвески.

Движитель включает в себя гусеницы, ведущие и направляющие (натяжные) колеса, опорные катки, поддерживающие ролики и амортизационно-натяжные устройства.

Подвеска состоит из элементов, соединяющих остова трактора с осями опорных катков и направляющих колес, если последние — опорные. Подвески бывают жесткие, полужесткие (тележечные и рычажно-балансирные), упругие (балансирные, рычажно-балансирные, индивидуальные и тележечные или смешанные).

Основные сборочные единицы подвески: рамы тележек (тележечные), балансиры и рычаги с шарнирными соединениями, упругие элементы (рессоры, винтовые пружины, торсионы, резиновые подушки), амортизаторы, крепежные детали.

Гусеничная ходовая система должна обеспечивать высокие тяговые качества, незначительное сопротивление передвижению трактора во всем диапазоне скоростей, допустимое уплотнение почвы, устойчивое прямолинейное движение, нормальную маневренность без забивания почвой, грунтом или снегом движителя, требуемую по нормам безопасности плавность хода и высокую надежность при минимальной материалоемкости.

#### **3.1. УСТРОЙСТВО**

**Ходовые системы универсально-пропашных тракторов и их специальных модификаций.** Основу тракторов данного типа составляют пропашные тракторы Т-70С (свекловодческий) и Т-70В (виноградниковый). На этих тракторах применяют одинаковые ходовые системы с полужесткой четырехточечной подвеской и гусеничным движителем с литыми звеньями, открытым шарниром, пятью опорными катками на борт, цевочным зацеплением и кривошипным амортизационно-натяжным устройством. Для работы в междурядьях свеклы (0,45 м) используют гусеницы шириной 0,2 м с втулками в шарнирах. При работах общего назначения и на виноградниках применяются гусеницы шириной 0,3 м.



В подвеске (рис. 33) имеются две рамы тележек 1, каждая из которых соединена с остовом в двух точках (спереди и сзади) шарнирными рычагами.

Направляющим устройством передней подвески служат трехшарнирные, а задней — двухшарнирные рычажные соединения. Кронштейны рам тележек в передней части трактора с помощью стоек 2, рычагов 3 и осей 4 и 6 шарнирно соединены с трубой 5, которая с помощью кронштейнов 7 прикреплена к поперечному брусу полурамы трактора. Торсион 8 соединен шлицами с полыми осями 6. Рычаги 3 направлены в разные стороны, что обеспечивает балансирующую связь тележек разных бортов.

Сзади остов трактора подрессорен двумя независимыми торсионами 9, размещенными в трубах 10. Внутренние концы торсионов входят в шлицевую втулку 11, жестко соединяющую трубы 10; внешние концы соединены с втулками 12, жестко прикрепленными к рычагам 13, которые шарнирно связаны с осями 14 на рамах тележек 1.

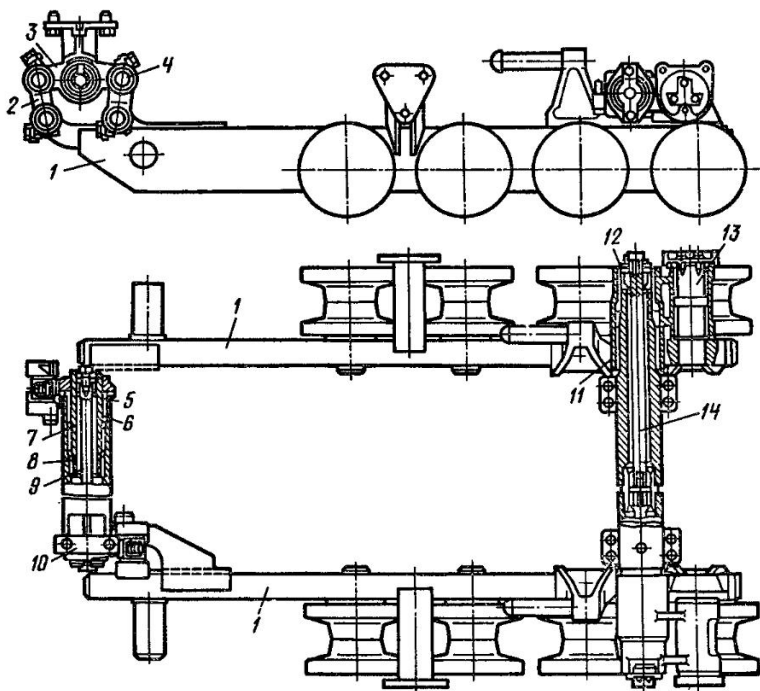


Рис. 33. Конструкция подвески трактора Т-70С.

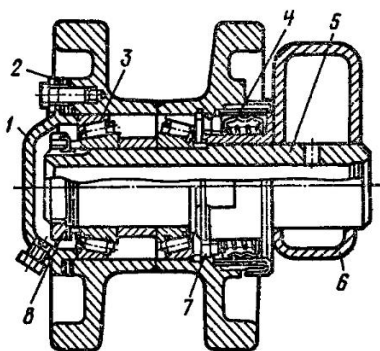


Рис. 34. Опорный каток с консольной осью трактора Т-70С.

В рамы тележек, имеющие сечение прямоугольной трубы 6 (рис. 34), сварены оси катков 5 консольного расположения. Опорный каток двухободный (сваренный из двух частей) установлен на конических роликоподшипниках 3 и закреплен гайкой 8. Для регулировки подшипников имеются прокладки 2, зажатые крышкой 1. Уплотнение катка состоит из двух стальных притертых колец 7 и резиновой манжеты 4, которые прижаты пружиной 8. В каток заливают жидкую смазку.

Направляющее одноободное колесо установлено на оси, которая закреплена в качающемся рычаге. Последний шарнирно соединен с винтовым механизмом натяжения гусеницы и через него — с пружиной механизма амортизации, установленной на раме тележки и сжатой шайбами и гайками (рис. 35).

Поддерживающий ролик (аналогичный опорному катку) установлен на кронштейне остова трактора.

Ведущее колесо — одноободное литое, прикреплено к фланцу ведомого вала конечной передачи шпильками и гайками.

На гусеницах шириной 0,3 м с литыми звеньями имеются пять проушин, шириной 0,2 м — три; пальцы — плавающие,

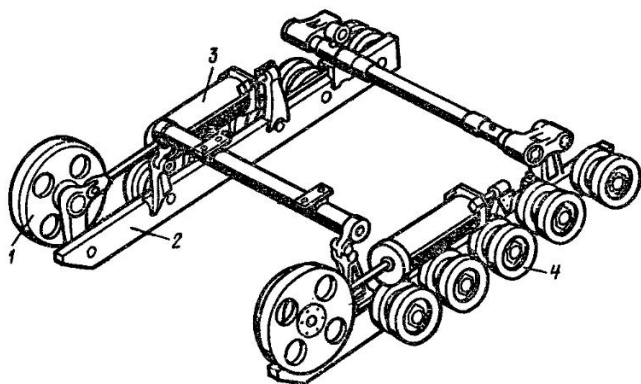


Рис. 35. Элементы ходовой системы трактора Т-70С:

1 — натяжное колесо; 2 — продольная балка; 3 — гидроцилиндр; 4 — каток.

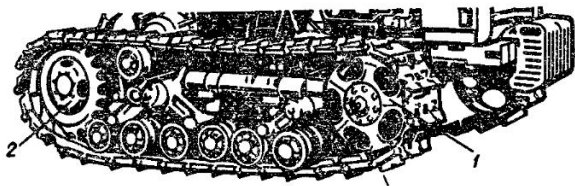


Рис. 36. Ходовая система трактора Т-90С:  
1 — натяжное колесо; 2 — ведущее колесо.

с головками и стопорными кольцами; зацепление — цевочное, толкающее (цевка расположена на средней проушине).

Ходовая система нового свскловодческого трактора Т-90С оборудована теми же опорными катками, направляющими и ведущими колесами, поддерживающими роликами, что и Т-70С, но отличается упругой рычажно-балансирной бестележечной подвеской (рис. 36 и форзац). Каждая пара катков установлена на каретке, которая с помощью рычага и торсиона соединена с остовом трактора. Число опорных катков увеличено с пяти до шести на борт. Имеется модификация с индивидуально подрессоренным направляющим колесом, которое может иметь два положения — поднятое и опущенное. Последнее используется при работе с орудиями, навешиваемыми спереди трактора.

**Ходовые системы сельскохозяйственных тракторов общего назначения.** Тракторы тягового класса 3 (ДТ-75В, ДТ-75МВ, ДТ-75М «Казахстан», Т-150 и ДТ-175С) имеют однотипные ходовые системы с упругой балансирной подвеской, гусеничным двигателем с литыми семипроушинными звеньями, открытым шарниром, цевочным зацеплением, пружинное амортизационно-натяжное устройство с унифицированным гидромеханизмом натяжения гусениц. На рамах тракторов с каждого борта установлено по две каретки с двумя катками и по два поддерживающих ролика.

Каретка подвески трактора ДТ-75В состоит из внешнего 1 (рис. 37) и внутреннего 3 балансиров, шарнирно соединенных между собой полой осью 17, которая установлена во втулках 5 и клином 4 застопорена от вращения во внутреннем баланси́ре. Внутри полой оси установлена дополнительная ось 6, на концах которой гайками 15 закреплены крышки 16, создающие с втулками 5 лабиринт для предотвращения попадания почвы на несмазываемые поверхности шарнира. На концах балансиров установлены подшипниковые узлы опорных катков с уплотнениями. Подрессоривают двигатель винтовой пружины 2, установленной между чашеобразным приливом баланси́ра 1 и выступом баланси́ра 3. В среднее отверстие внешнего баланси́ра запрессованы втулки 9, которыми каретка надета на цапфу 7. К внутренней стороне внешнего баланси́ра болтами

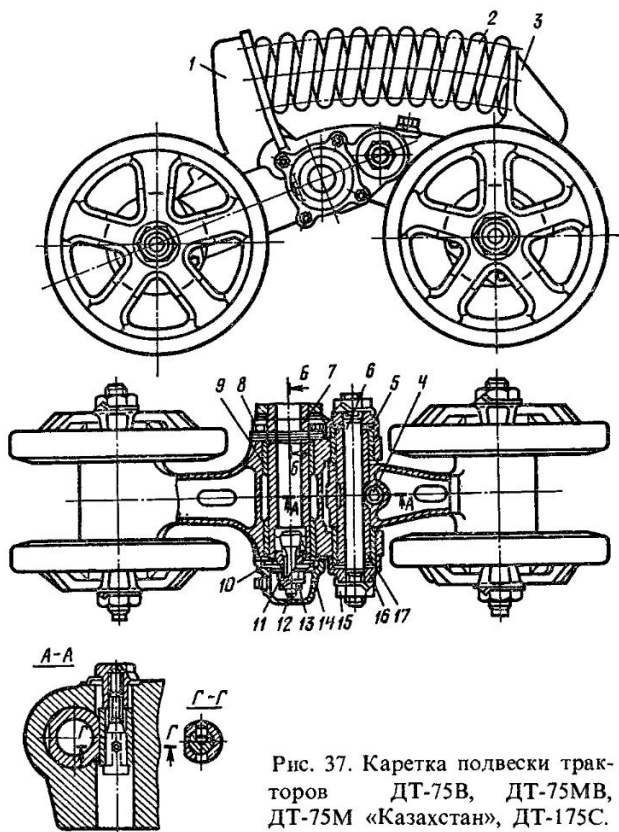


Рис. 37. Каретка подвески тракторов ДТ-75В, ДТ-75МВ, ДТ-75М «Казахстан», ДТ-175С.

прикреплен корпус 8 с резиновым уплотнением. Поперечные силы воспринимаются упорной шайбой 10, прижатой к торцу цапфы цапговой гайкой 11, которая застопорена конусным распорным болтом 12 и гайкой 13. Поверхности трения шарнира, соединяющего два балансира, служат гасящим устройством подвески.

Каретка подвески трактора Т-150 отличается от ДТ-75В наличием двух одинаковых балансиров, которые установлены на двух параллельных отдельных цапфах 6 (рис. 38), запрессованных в кронштейн 9. Задняя каретка имеет две пружины, т. к. она при работе с навесными орудиями нагружена больше, чем передняя. Передняя каретка имеет одну наружную пружину и гидравлический амортизатор, установленный на пальцах, прикрепленных фланцами к торцам балансиров. Амортизатор состоит из корпуса 1 (рис. 39), выполненного вместе с цилин-

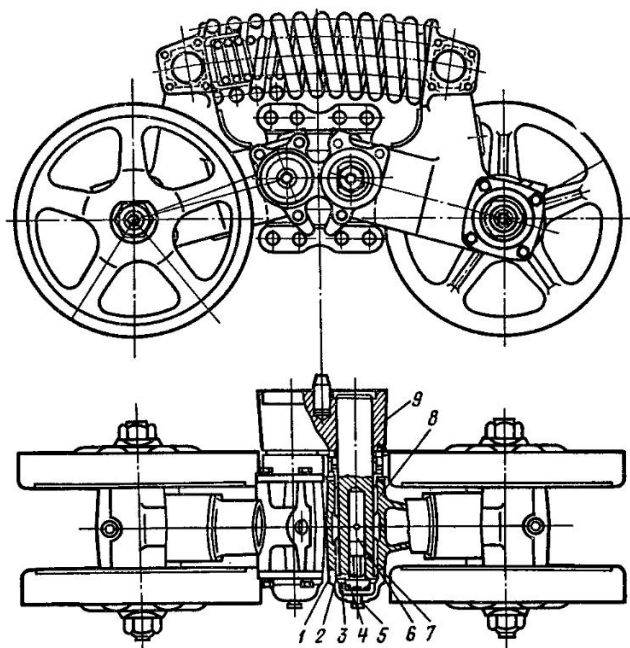


Рис. 38. Каретка подвески трактора Т-150:

1 — крышка; 2 — втулка; 3 — шайба; 4 — болт; 5 — пробка; 6 — цапфа; 7 — прокладка; 8 — балансиры; 9 — кронштейн цапф.

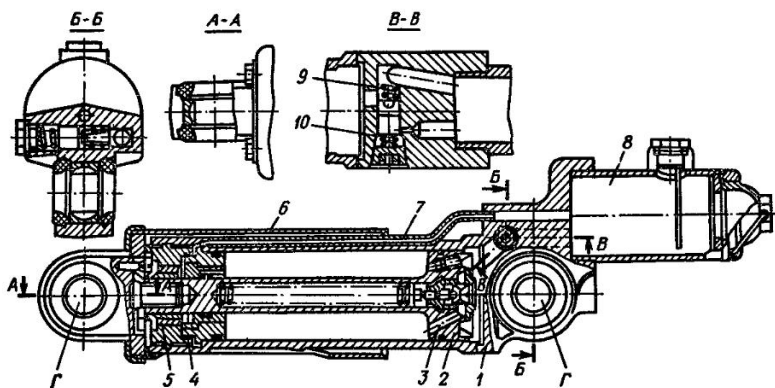


Рис. 39. Телескопический амортизатор гусеничного трактора Т-150.

дром; поршня 2, изготовленного вместе со штоком; уплотнительного устройства 5. Внутри поршня расположены детали перепускного клапана 3, ограничивающего максимальное давление жидкости амортизатора при прямом ходе. В корпусе расположен клапан 9, обеспечивающий поступление жидкости из компенсационного бачка 8 в цилиндр. Жидкость заливают через отверстие 10. Для защиты амортизатора от грязи служит кожух 6, прикрепленный к фланцу проушины А. Для отвода просачивающейся жидкости имеется трубка 7.

Опорные катки кареток попарно посажены на концы осей вращающихся в роликовых конических подшипниках балансиров и закреплены гайками. Уплотнения аналогичны описанным ранее. Намечен переход на новую конструкцию унифицированных типизированных уплотнений (рис. 40). Вместо стальных колец применены кольца из прессованного композиционного материала с микроконусом на трущихся поверхностях, которые поджимаются одно к другому круглым массивным резиновым кольцом. Это обеспечит работу без заправки маслом до капитального ремонта сборочных единиц ходовой системы.

Направляющее колесо — одноободное, установлено на конической оси и конических подшипниках качения (рис. 41).

Амортизационно-натяжное устройство трактора Т-150 имеет промежуточное звено 3 (рис. 42), позволяющее уменьшить размеры пружин 8 и 9. На остальных тракторах тягового класса 3 применяются более простые устройства без промежуточного звена, но с более массивной пружиной и с жестким соединением стяжного винта и гидромеханизма натяжения гусеницы.

Гусеницы всех тракторов тягового класса 3 — одного типа (с литыми стальными звеньями и пальцами из калиброванного проката). На Т-150 и ДТ-175С применены звенья увеличенной ширины (0,42 м) с биметаллическими пальцами увеличенного диаметра (25 мм). На остальных — звенья шириной 0,39 м с пальцем  $\varnothing$  22 мм из сталей 50 или 50Г (рис. 43).

Разработаны гусеницы новых типов:

— с резинометаллическими шарнирами (рис. 44, а), обеспечивающими повышенный ресурс на всех видах почв;

— ленточные бесшарнирные с резиновыми и пневматическими башмаками (рис. 44, б и в и форзац), чем достигаются

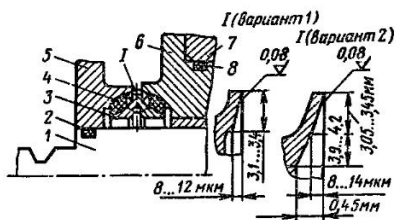


Рис. 40. Унифицированное типизированное резинометаллическое уплотнение:

1 — ось катка; 2 и 8 — уплотнительные резиновые кольца; 3 — металлическое кольцо с микроконусом; 4 — резиновое кольцо; 5 — кронштейн оси; 6 — втулка катка; 7 — каток.

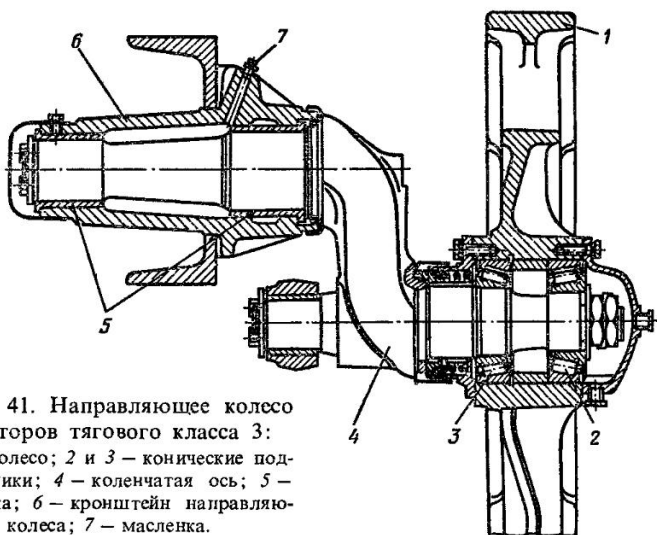


Рис. 41. Направляющее колесо тракторов тягового класса 3:  
 1 — колесо; 2 и 3 — конические подшипники; 4 — коленчатая ось; 5 — втулка; 6 — кронштейн направляющего колеса; 7 — масленка.

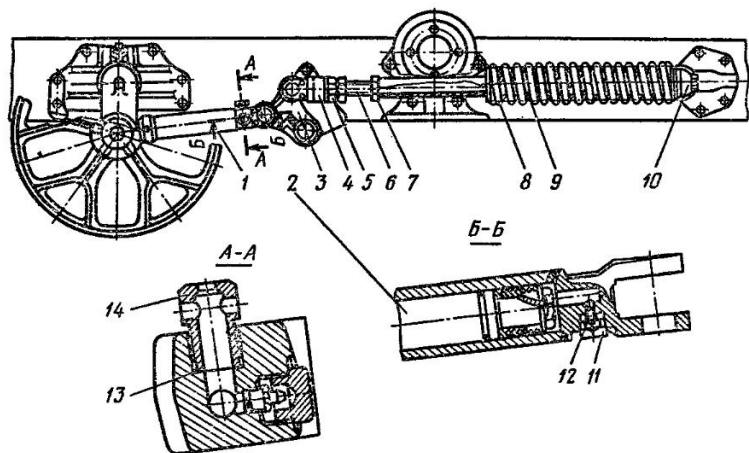


Рис. 42. Направляющее колесо с натяжным и амортизирующим устройством трактора Т-150:

1 — цилиндр гидронатяжения гусениц; 2 — шток; 3 — промежуточное звено; 4 — вилка; 5 — гайка; 6 — натяжной болт; 7 — гайка; 8 — большая пружина; 9 — малая пружина; 10 — шаровая опора; 11 — пробка; 12 — масленка; 13 — пластинчатый клапан; 14 — корпус клапана.

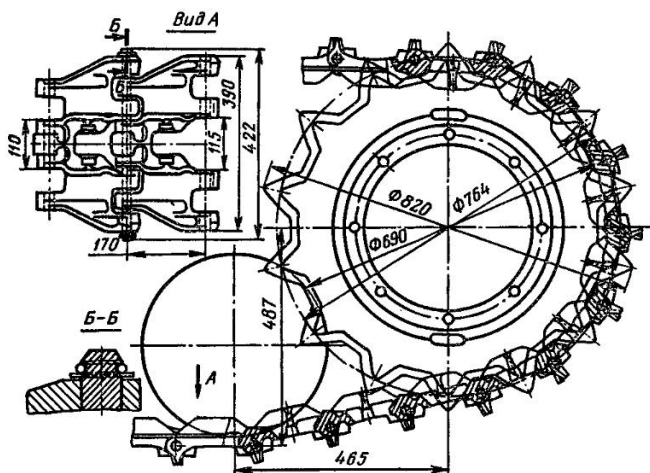


Рис. 43. Гусеничная цепь из семипроушинных цельнолитных звеньев цевочного зацепления с металлическим открытым шарниром тракторов тягового класса 3.

равномерное распределение давления на почву и снижение ее уплотнения.

Особенность ходовой системы трактора Т-4А – применение полужесткой подвески с упругим элементом в форме поперечной полуэллиптической рессоры, опорных катков с ребордами, гусеницы с поднятыми беговыми дорожками без направляющих гребней, салазочных амортизационно-натяжных устройств с винтовыми механизмами натяжения, полый прямоугольного сечения рамы тележки с осью качения; совпадающей с осью ведущих колес и раскосом (рис. 45).

Ходовая система трактора Т-130.1Г-3 в основном подобна ходовой системе Т-4А, но гусеница – составного типа из штампованных звеньев 1 (рис. 46), в которые запрессованы втулки 2 и пальцы 3 и к которым снаружи прикреплены башмаки 4 из специального профильного проката. Концы втулок входят в расточки звеньев, что обеспечивает создание лабиринтного уплотнения, затрудняющего попадание абразивных частиц к трущимся поверхностям шарниров.

**Ходовые системы болотоходных тракторов.** Особенность ходовой системы трактора ДТ-75БВ состоит в применении широкой гусеницы (0,67 м) и направляющего колеса двухободной конструкции с механизмом подъема-опускания и индивидуальным торсионным подрессориванием, что позволяет увеличивать или уменьшать длину опорной поверхности движителя в зависимости от условий работы. Удлиненная опорная



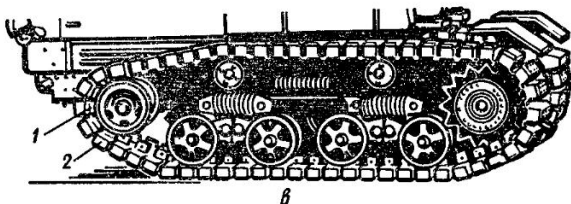
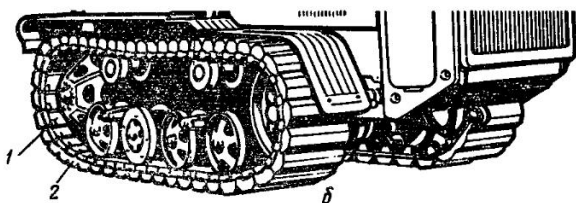
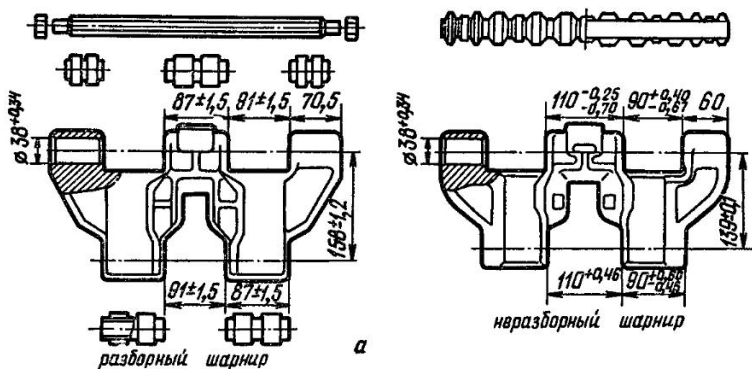


Рис. 44. Новые типы гусениц для тракторов:

а — звенья с резинометаллическими шарнирами; б — ленточная с резиновыми башмаками: 1 — гусеница; 2 — резиновый башмак; в — ленточная с пневмобашмаками: 1 — гусеница; 2 — пневмобашмак.

поверхность увеличивает момент сопротивления повороту на слабосвязанных почвах (примерно на 20%) и нагрузку на ходовую систему при движении по неровной плотной почве. В этих условиях используют механизм подъема и опускания колеса. Гидроцилиндр 6 (рис. 47) при выдвигании штока поворачивает коленчатый вал 9 и через серьгу 8 поднимает балансир 3 вверх. При втягивании штока балансир с направляющим колесом опускается вниз и ролик 12, нажимая на рычаг 4, закручивает торсион 16, подрессоривая колесо. В поднятом и опущенном положении коленчатая ось 2 через упор 7 нагружает пружинный амортизатор 14, закрытый кожухом.

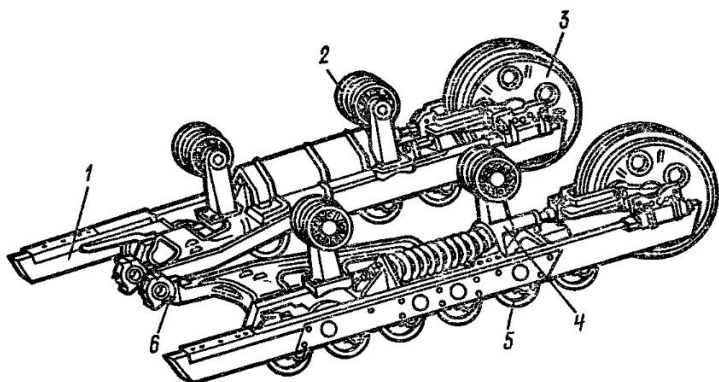


Рис. 45. Элементы ходовой системы трактора Т-4А:

1 — гусеничная телеска; 2 — поддерживающий каток; 3 — направляющее колесо; 4 — механизм натяжения гусеницы; 5 — опорный каток; 6 — кулак раскоса.

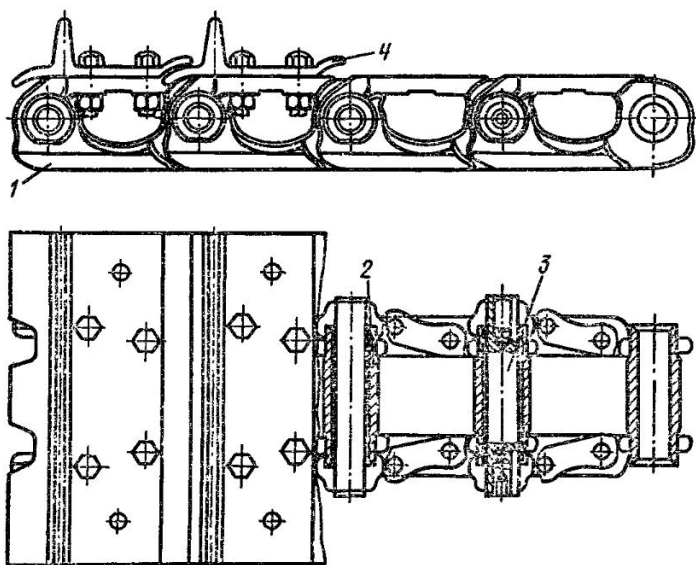


Рис. 46. Гусеница составного типа трактора Т-130.1Г-3.

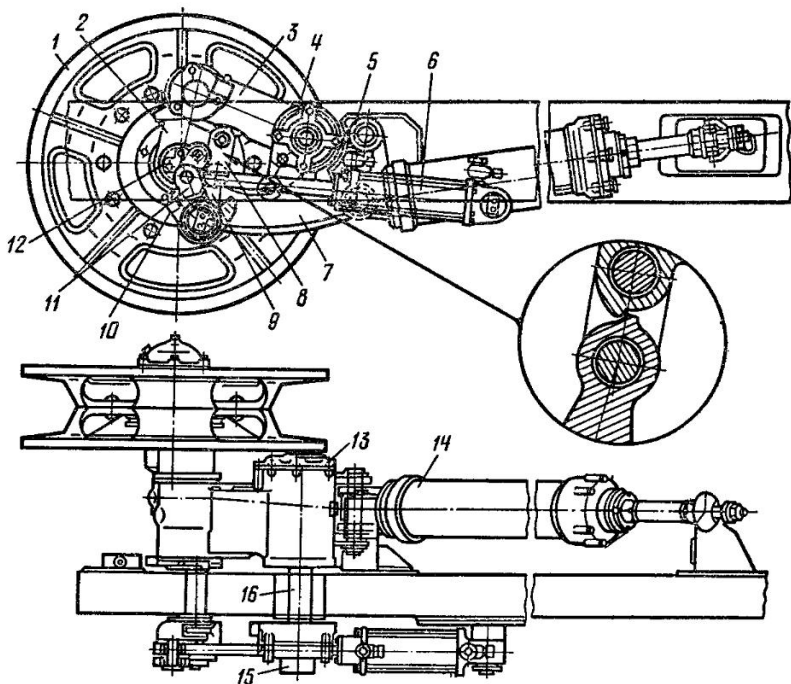


Рис. 47. Кривошипно-балансирное натяжное приспособление трактора ДТ-75В:

1 — направляющее колесо; 3 — балансир; 2 — коленчатая ось; 4 — рычаг торсиона; 5 — маятник; 6 — гидроцилиндр подъема и опускания колеса; 7 — упор коленчатой оси; 8 — серьга подъема балансира; 9 — коленчатый вал; 10 — ведущий сектор коленчатого вала; 11 — ограничитель холостого хода гидроцилиндра; 12 — ролик закрутки торсиона; 13 — крышка балансира; 14 — пружинный амортизатор; 15 — крышка рычага; 16 — торсион.

Ходовая система трактора Т-130Б отличается удлиненными тележками, числом опорных катков (семь), уширенными до 0,92 м бабмаками гусениц.

**Ходовые системы промышленных тракторов общего назначения.** Промышленные тракторы, являясь часто модификацией сельскохозяйственных тракторов, находят широкое применение в сельском хозяйстве, особенно тяговых классов до 10. Некоторые решения по ходовой системе промышленных тракторов представляют интерес для дальнейшего развития ходовых систем сельскохозяйственных тракторов.

Ходовая система Т-130.1.Г-1 идентична ходовой системе трактора Т-130.1.Г-3 сельскохозяйственного назначения, но

имеет защитные щитки под рамами тележек гусениц для предотвращения попадания камней и других предметов между опорными катками и гусеницей.

В ходовой системе трактора Т-180Г применена упругая рычажно-балансирующая подвеска с торсионным поддрессорирующим (рис. 48), использованы консольно установленные одноободные безребордные опорные катки и поддерживающие ролики (рис. 49, а и б). Натяжное колесо выполнено с кривошипным амортизационно-натяжным устройством, имеющим промежуточное звено и винтовой механизм натяжения, размещенные в лонжероне рамы трактора (рис. 50). Ведущее колесо — двухвенцовое. Гусеницы — с литыми пятипроушинными звеньями, имеющими обработанные проушины с втулками в четных проушинах, с пальцами, аналогичными сельскохозяйственным тракторам класса 3, 5, неподвижно установленными с помощью фигурных головок и выступов звена в нечетных проушинах.

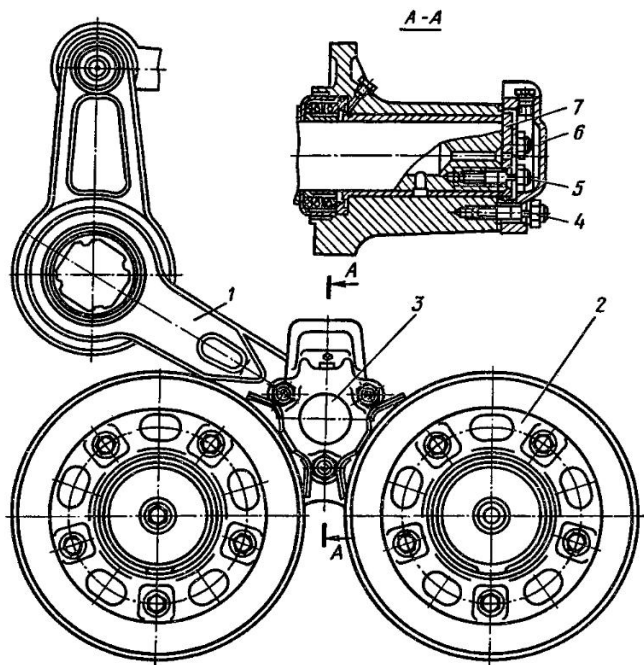


Рис. 48. Каретка подвески трактора Т-180Г с балансиром в сборе: 1 — балансир; 2 — опорный каток; 3 — крышка оси каретки; 4 — гайка крепления крышки; 5 — гайка крепления шайбы; 6 — крышка; 7 — упорная шайба.

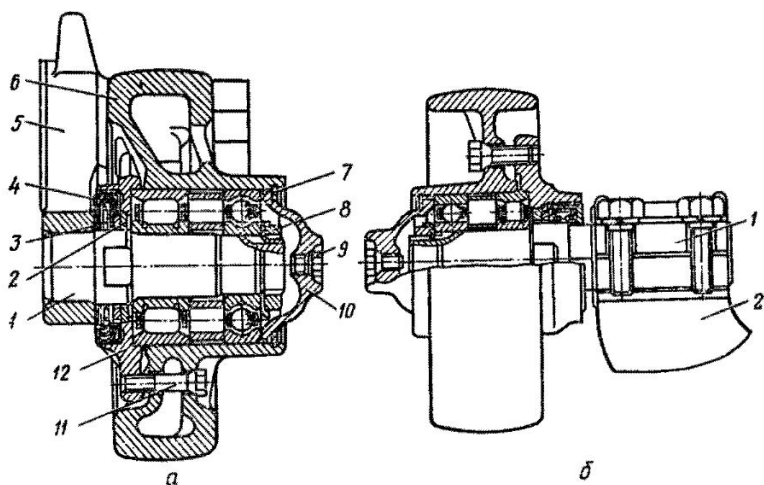


Рис. 49. Элементы ходовой системы трактора Т-180Г:

*a* — опорный каток: 1 — ось катка; 2 и 3 — шайбы; 4 — манжета; 5 — двуплечий баланси́р; 6 — каток; 7 — пружинное кольцо; 8 — гайка; 9 — пробка; 10 — крышка; 11 — болт; 12 — задняя крышка; *б* — поддерживающий ролик: 1 — ось; 2 — кронштейн.

Ходовая система трактора ДЭТ-250М отличается упругой индивидуальной подвеской с торсионным подрессориванием и неподвижным соединением тележек с рамой трактора, двухободными безребордными опорными катками (рис. 51), а также гусеницей с составными звеньями, имеющими направляющие гребни. Ведущее колесо — двухвенцовое, аналогичное трактору Т-180Г, натяжно — двухвенцовое с салазочной установкой на тележке, гидравлическим механизмом натяжения и пружинным амортизатором, закрытым чехлом.

Ходовая система трактора Т-330 состоит из двух тележек, качающихся относительно оси ведущих колес и соединенных между собой баланси́рной балкой. Последняя качается на оси в передней части рамы трактора. В нижней части тележки с помощью шлицевых втулок и кронштейнов установлены подвески пяти опорных катков, состоящие из баланси́ров, трубчатых осей и круглых торсионов (рис. 52). В нижних концах баланси́ров расположены ролики опорных катков, соединенные между собой струной и гайкой. Подвеска натяжного колеса аналогичной конструкции смонтирована в вилке, установленной в направляющих пазах передней части лонжеронов тележки и упирается в гидромеханизм натяжения гусеницы, а через него в пружинный амортизатор, который находится в верхней части

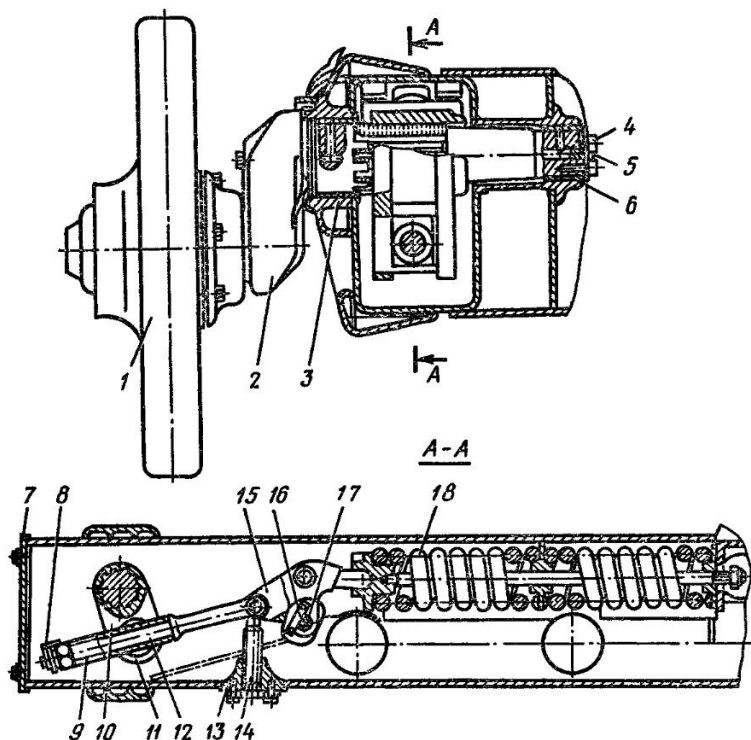


Рис. 50. Механизм натяжения гусеницы трактора Т-180Г:

1 — натяжное колесо; 2 — кривошип; 3 и 6 — бронзовые втулки; 4 — болт; 5 — упорная шайба; 7 — крышка продольной балки; 8 — стопорная шайба; 9 — регулировочный винт; 10 — рычаг; 11 — цапфа; 12 — шток; 13 — шайба; 14 — болт; 15 — двуплечий рычаг; 16 — стопорная планка; 17 — ось блока; 18 — пружина.

тележки, закрытой кожухом. На верхней плоскости рамы тележки установлены два поддерживающих катка, в кронштейнах которых на роликподшипниках установлены оси с роликподшипниками, напрессованными и зафиксированными на ней пружинными кольцами. Гусеницы аналогичны по конструкции трактору ДЭТ-250М.

Ходовая система трактора D-10 (рис. 53) фирмы «Катерпилер» (США) состоит из гусеничного движителя треугольной формы с верхним расположением ведущих колес, сегменты которых закреплены болтами на фланце конечной передачи; гусе-

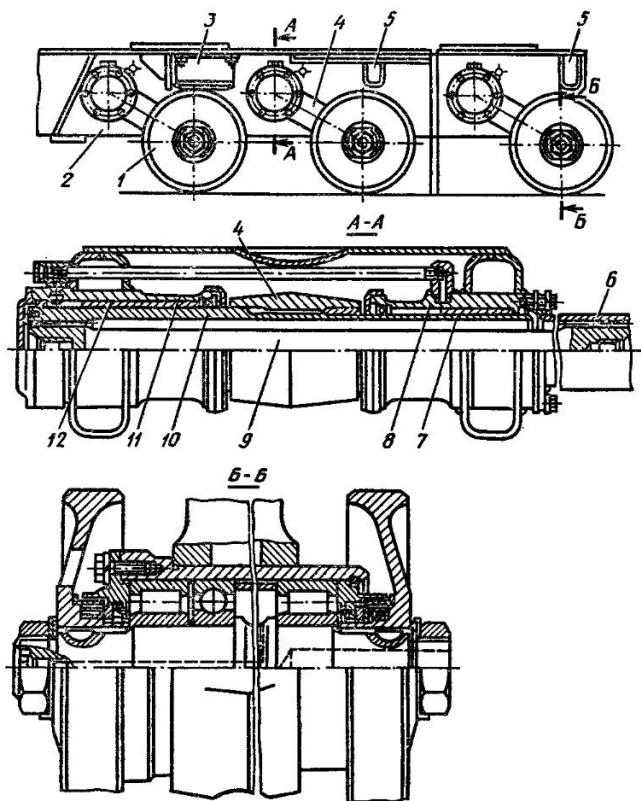


Рис. 51. Подвеска и опорный каток трактора ДЭТ-250М:

1 — опорный каток; 2 — гусеничная тележка; 3 — резинометаллический упор переднего катка; 4 — рычаг опорного катка; 5 — жесткий упор; 6 — поперечная труба рамы трактора; 7 и 12 — втулки; 8 и 11 — кронштейны; 9 — торсион; 10 — труба рычага.

ницы — обычного составного типа, но с уплотнениями и смазкой шарниров, а также соединительными звеньями с реечным сопряжением двух половин, стянутых длинными болтами. Опорные катки и направляющие передние и задние колеса установлены на балансирах кареток и рычагах с помощью подшипников скольжения. Между рычагами и рамами тележки установлены резиновые упругие элементы подвески. Рамы тележек из замкнутых профилей состоят из двух частей каждая. На передней (более короткой) сзади имеется труба, которая входит в расточку задней части. Внутри трубы расположены

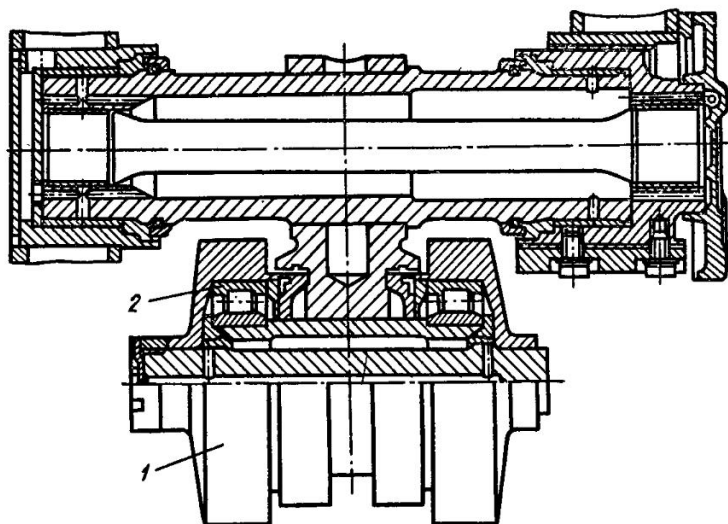


Рис. 52. Подвеска опорного катка трактора Т-330:

1 — каток; 2 — подшипники.

пружинное амортизационное устройство и гидравлический цилиндр натяжения с трубчатым поршнем, обеспечивающим снижение нагрузки на пружину. На рычагах подвески установлены отбойники, защищающие беговые дорожки гусениц и опорные катки от попадания камней. Тележки смонтированы на оси и соединены балансирной балкой с резиновыми упорами, ограничивающими угол качания тележек. Ребордные двухободные опорные катки установлены на сталебронзовых (биметаллических) втулках на полой оси, заполняемой жидкой смазкой.

Уплотнение состоит из двух чугунных легированных колец и двух резиновых массивных колец (тип *DUO — CONE*).

**Особенности ходовых систем трубоукладчиков.** Для обеспечения повышенной устойчивости ходовые системы трубоукладчиков имеют жесткую подвеску. Это достигается соответствующим соединением рам тележек гусениц с рамой трактора и креплением осей катков к рамам тележек.

Установка натяжного колеса, амортизационно-натяжного устройства и крепление опорных катков к тележке аналогичны ходовым системам тракторов Т-4А и Т-130.1.Г-1. Их отличительная черта — одноободность, восприятие осевой нагрузки натяжного колеса шарикоподшипником и наличие подшипников скольжения в опорном катке. Натяжение гусениц регулируют с помощью гидроцилиндра.



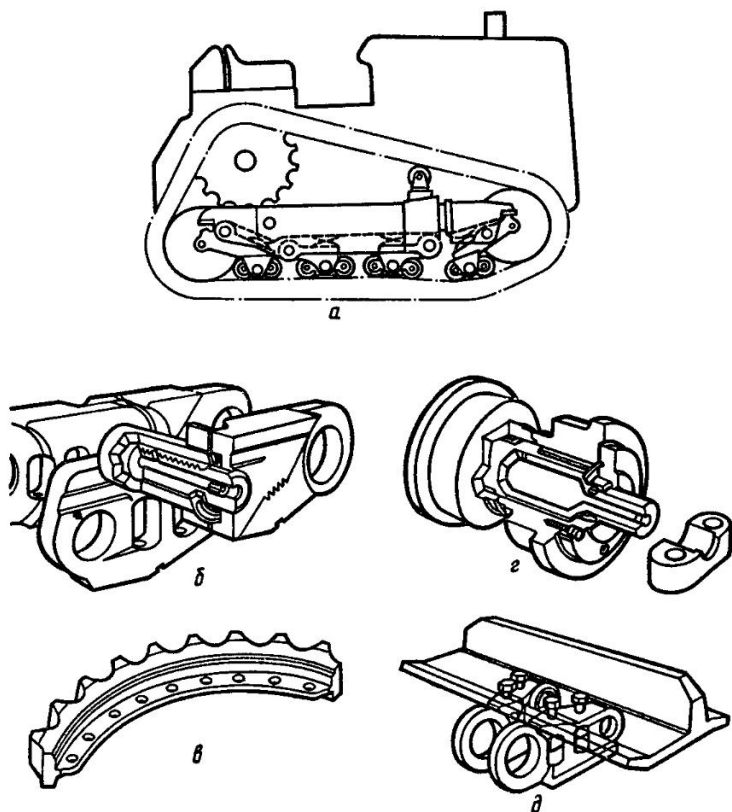


Рис. 53. Ходовая система трактора *D-10* «Катерпиллер»:  
*а* — схема ходовой системы; *б* — замыкающее звено гусеницы и палец со смазкой; *в* — съемный сектор ведущего колеса; *г* — опорный каток с уплотнением DUO-CONE; *д* — башмак гусеницы.

**Ходовые системы трелевочных и лесохозяйственных тракторов.** Отличительная особенность ходовых систем этих тракторов (ГДТ-55А, ЛХТ-55, ТБ-1 и ТТ-4) — отсутствие поддерживающих роликов, одноободные опорные катки большого диаметра, рычажно-балансирная подвеска (упругая — у первых трех и полужесткая — у ТТ-4), увеличенные углы наклона передних и задних участков гусениц. Это объясняется требованиями увеличенного дорожного просвета и преодоления крупных препятствий при работе в лесу. Ведущие колеса — одновенцовые; зацепление — цевочное, гусеницы — пятипроушинные с литыми звеньями, имеющими высокие направляющие гребни;

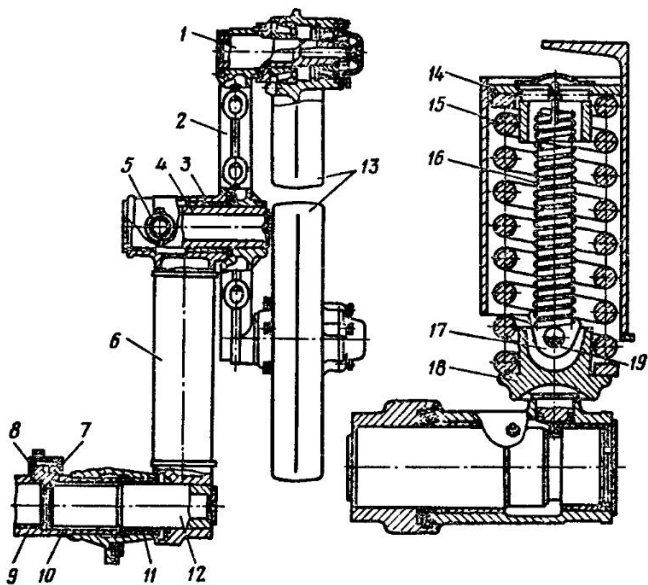
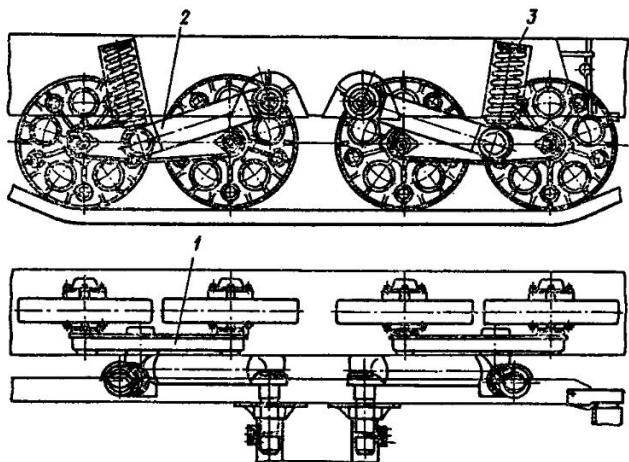


Рис. 54. Подвеска трактора ТДТ-55А.

пальцы — из малоуглеродистого проката повышенной прочности; амортизационно-натяжное устройство пружинно-винтового типа.

Каретка подвески трактора ТДТ-55А и его модификаций состоит из двух катков 13 (рис. 54), объединенных балансиром 2. В последний запрессованы оси качания 4 и оси 1 катков. Ось 4 расположена в подшипниках 3 рычага 6. Ось 12 рычага, установленная во втулках 9 трубы 10 рамы 11, ограничивается от осевых перемещений стопором 8, выступ которого входит в кольцевую канавку оси рычага. Стопор закреплен болтами на

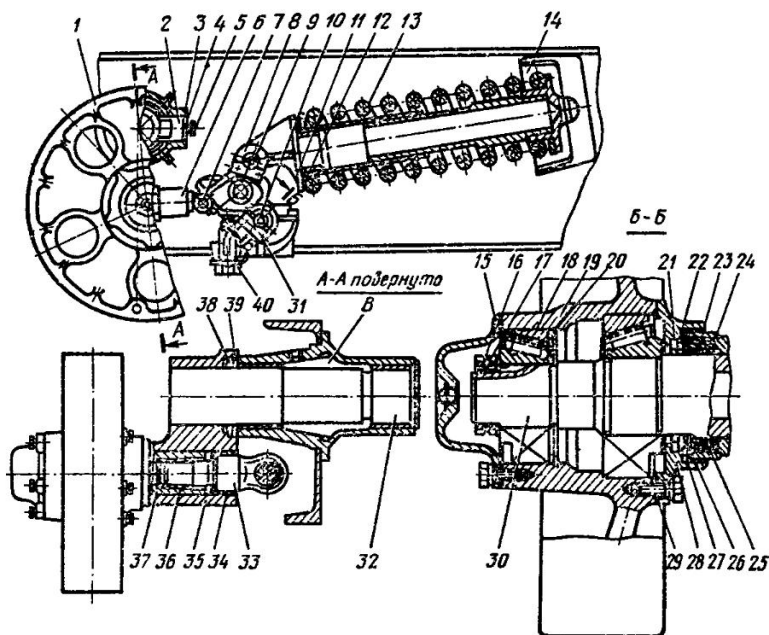


Рис. 55. Направляющее колесо с натяжным и амортизирующим устройством трактора ТДТ-55А:

1 — направляющее колесо; 2 — стопор; 3 — прокладка; 4 — крышка; 5 — болт; 6 — натяжной винт; 7 — установочный винт; 8 — блок шарниров; 9 и 10 — пальцы; 11 — головка штока; 12, 15 и 29 — регулировочные прокладки; 13 и 23 — пружины; 14 — упор; 16 — круглая гайка; 17 — стопорная шайба; 18 — подшипник; 19 — пружинное кольцо; 20 — упорное кольцо; 21 и 39 — уплотнительные резиновые кольца; 22 — уплотнительное подвижное кольцо; 24 — кожух; 25 и 38 — манжеты; 26 — уплотнительное неподвижное кольцо; 27 — уплотнительное войлочное кольцо; 28 — корпус уплотнительного кольца; 30 — ось направляющего колеса; 31 — стопорная планка; 32 — ось кривошипа; 33 — ось; 34 и 36 — втулки; 35 — щека; 37 — заглушка; 40 — упорный болт.

трубе и уплотнен резиновым кольцом 7. Ось 4 балансира каретки ограничена от перемещений стопором 5. Сферическая головка стопора — это одновременно и опора пяты 18 упругого элемента подвески. Пружина 15 подвески упирается в эту пяту, а сверху в кожух 14, приваренный к раме. Пружина 16 растяжения связана с упором и кожухом зацепами 17 и пальцами 19 и обеспечивает цельность сборочной единицы при загрузке. Амортизационно-натяжное устройство трактора ТДТ-55А представлено на рисунке 55.

Особенность ходовой системы трелевочного трактора ТТ-4 заключается в том, что у нее двойными винтовыми пружинами поддрессорены только передние каретки, аналогичные кареткам трактора ТДТ-55А. Задние двухкатковые каретки соединены осями с дополнительными двухплечими балансирами, качающимися на осях в трубе рамы. На передних плечах этих балансиров установлены дополнительные катки. Это обеспечивает повышенную грузоподъемность задних кареток. Амортизационно-натяжное устройство более простое по конструкции (без промежуточного звена) и близко к сельскохозяйственным тракторам.

### 3.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ

**Тяговые качества.** Ходовая система гусеничного трактора обеспечивает преобразование крутящих моментов на ведущих колесах  $M_k$  в тяговое усилие  $P_{кр}$ , необходимое для работы агрегатируемых с трактором навесных и прицепных орудий.

$$P_{кр} = \frac{M_k}{r_k} - P_T - X_n,$$

где  $M_k$  — крутящий момент на ведущих колесах;  $P_T$  — сила сопротивления качению от трения (в зацеплении гусеницы с ведущим колесом, шарнирах гусениц, подшипниках и уплотнениях опорных катков, направляющих колес и поддерживающих роликов, между их ободами и беговыми дорожками гусениц);  $X_n$  — сила сопротивления движению от деформации почвы (грунта) гусеницами;  $r_k$  — радиус ведущего колеса.

Для сравнения ходовых систем различных тракторов тяговые качества характеризуют следующими относительными величинами:

— удельной силой тяги  $D_{кр} = P_{кр}/Mg$  (отношением тягового усилия к весу трактора) или коэффициентом сцепления  $\phi = D_{кр}$  при  $\delta = 7\%$  — предельно допустимое буксование движителей гусеничного трактора (ГОСТ 7057—81);

— коэффициентом сопротивления качению  $f_{х.с} = f_T + f_n = P_T/Mg + X_n/Mg$  (отношением суммы сил сопротивления качению от трения в механизмах ходовой системы и от деформации почвы к весу трактора);

— коэффициентом полезного действия (КПД) ходовой системы (отношением тяговой мощности  $P_{кр}v$  к мощности на ведущих колесах  $M_k \omega_k = (M_k/r_k)v_T$  ( $v_T$  — теоретическая скорость, так как это скорость трактора при отсутствии буксования)

$$\eta_{х.с} = \frac{N_{кр}}{W_k} = \frac{P_{кр}v}{M_k v_T} r_k = \frac{D_{кр}}{D_{кр} + f_{х.с}} \frac{v}{v_T} = \frac{1 - \delta}{1 + \frac{f_{кс}}{D_{кр}}}$$

Буксование  $\delta$  вызывается деформацией почвы гусеницей в направлении, обратном скорости. Оно вызывает уменьшение скорости, т. е.  $\delta = (v_T - v)/v_T = 1 - (v/v_T)$ , поэтому  $v/v_T = 1 - \delta$ .

На рисунке 56 показано влияние сопротивления качению, буксования и удельной силы тяги на КПД ходовой системы. Из графиков видно, что чем меньше сопротивление качению и буксование, тем выше коэффициент полезного действия. Увеличивается КПД и при росте тяговой нагрузки, если при этом не повышаются  $f_{х.с}$  и  $\delta$ . Это указывает на важность обеспечения высоких тяговых качеств трактора за счет его ходовой системы и объясняет преимущества гусеничной ходовой системы перед колесной при работе на мягких (легкодеформируемых) почвах с орудиями, требующими реализации высоких тяговых усилий. На тяговые качества трактора определяющее влияние оказывают конструктивные параметры ходовой системы.

Для работы с минимальными потерями мощности важное значение имеет натяжение гусеницы. Недостаточное натяжение приводит к ухудшению распределения давления на почву и увеличивает ее деформацию, способствует спаданию гусеницы с опорных катков, а чрезмерное — к росту потерь на трение и ускорению износа шарниров.

При работе с большими тяговыми усилиями опрокидывающий момент от тягового сопротивления орудий приводит к перераспределению нагрузок на опорные катки: передние — разгружаются, задние — догружаются. Поэтому у большинства гусеничных тракторов, работающих с задними орудиями, центр тяжести смещен вперед от середины опорной поверхности или имеются передние грузы, которые должны быть установлены при тяжелых условиях работы, так как наибольший КПД наблюдается при равномерном распределении нагрузок по опорным каткам.

Из конструктивных параметров ходовой системы наибольшее влияние оказывают на тяговые качества длина опорной поверхности гусениц, число опорных катков и шаг гусеничной цепи. Увеличение этих параметров способствует повышению коэффициента полезного действия ходовой системы благодаря снижению сопротивления качению  $f_{п}$  и буксования  $\delta$ . Этим объясняются конструктивные особенности болотоходных тракторов и увеличенный шаг гусениц на промышленных тракторах.

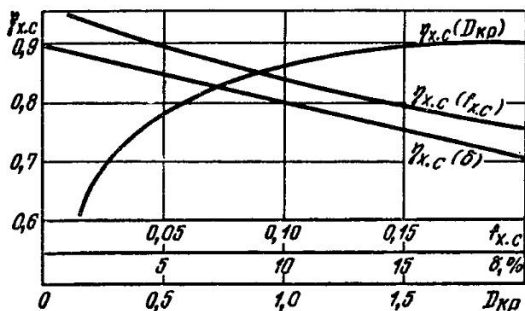


Рис. 56. Влияние сопротивления качению, буксования и силы тяги на КПД ходовой системы.

Тракторы Т-70С, ДТ-75БВ и Т-130Б могут работать с гусеницами различной ширины. Необходимо иметь в виду, что увеличение ширины гусеницы способствует повышению тяговых качеств только на слабых, легкодеформируемых почвах (болота, снежная целина, пески). На почвах и грунтах средней и высокой плотности увеличение ширины гусеницы эффекта не дает, так как приводит к росту массы ходовой системы, а следовательно, и к повышению потерь на трение, ухудшает заглублиение почвозацепов и увеличивает буксование. В результате КПД снижается.

При неизменной длине опорной поверхности увеличение числа опорных катков способствует росту КПД ходовой системы на легкодеформируемых почвах и грунтах. На плотных почвах и грунтах лучшие показатели имеет ходовая система с меньшим числом опорных катков большего диаметра, что объясняется уменьшением сопротивления качению и лучшим заглублиением почвозацепов под опорными катками.

Из всех типов подвесок наиболее высокие тяговые качества обеспечивает упругая индивидуальная система поддрессирования опорных катков благодаря более равномерному распределению давления на почву.

Лучшими тяговыми качествами обладают составные гусеницы с уплотнениями и смазкой шарниров, а также гусеницы с резинометаллическими шарнирами. Это объясняется постоянством шага гусеницы, обеспечивающим минимум потерь в зацеплении с ведущим колесом, пониженным трением в шарнирах, а также более равномерным распределением давления на почву при наличии упругих моментов в шарнире.

Оптимальная форма почвозацепа звена гусениц — расчлененный почвозацеп с увеличивающимся к краям углом между упорной кромкой и осью шарнира (рис. 57).

Для обеспечения высоких тяговых качеств гусеничных трак-

торов на переувлажненных и рыхлых почвах, снежной целине при температуре от 0 до  $-7^{\circ}\text{C}$  необходимы меры, снижающие забиваемость ходовой системы попадающими в нее почвой и снегом. Для этого необходимы достаточные зазоры между деталями ходовых систем (звено — зуб ведущего колеса, звено — обод направляющего колеса, ведущее колесо — конечная передача, гусеница — осто́в трактора), достаточно высокие направляющие гребни (не менее 0,15 диаметра опорного катка), легко очищающиеся беговые дорожки, минимальную площадь горизонтальных поверхностей на деталях, закрытые чехлами и кожухами пружины подвесок и амортизационно-навесного устройства, очистители между венцами двухободных ведущих колес, минимум ребер и карманов на опорной поверхности звеньев гусениц, загнутые кверху края опорной плиты звеньев гусениц. Для снижения забиваемости на рыхлых почвах целесообразно поворачивать по ломаной линии вместо дуги.

**Агротехнические требования.** ГОСТ 24096 — 80 регламентирует следующие параметры для ходовой системы гусеничных тракторов, которые должны обеспечивать проходимость по местности, в междурядьях между растениями, маневренность, допустимое воздействие на почву:

- номинальное тяговое усилие для пропашного гусеничного трактора тягового класса 2 — 20 кН, для гусеничных общего назначения класса 3 — 30 кН, 5 — 50 кН, 6 — 60 кН и 8 — 80 кН;

- буксование при номинальном тяговом усилии — не более 3%;

- среднее давление движителей на жесткое основание при эксплуатационной массе гусеничного трактора — не более 0,045 МПа;

- агротехнический просвет должен быть для тракторов тягового класса 2 — не менее 0,27 м, для класса 3 — не менее 0,30 м, для класса 5 и более — не менее 0,36 м;

- наименьший радиус поворота должен быть для тракторов тягового класса 2 — до 2,0 м, для класса 3 — до 2,5 м; для классов 5 и 6 — до 2,1 м;

- транспортная скорость — не менее 16 км/ч.

Проверка выполнения этих требований предусмотрена ГОСТ 7057—81. Проходимость определяется по ГОСТ 23734—79.

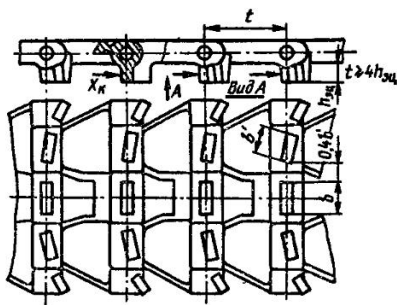


Рис. 57. Оптимальная форма почвозацепов звена гусениц.

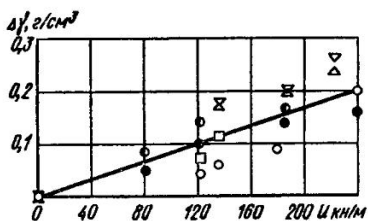


Рис. 58. Взаимосвязь между показателем уплотняющего воздействия и увеличением объемной массы почвы в следе трактора.

Особое значение имеет уплотняющее воздействие ходовой системы на почву, определяющее ее плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур. Для гусеничных тракторов общего назначения установлено предельно допустимое давление\* на почву до 0,10 МПа.

Предложенный НПО «НАТИ» норматив показателя уплотняющего воздействия на почву для тракторов с гусеничным двигателем

$$U = \omega q_{\max} (1 + \chi \lg n) \leq 75,$$

где  $\omega$  — коэффициент, зависящий от размера и формы опорной поверхности движителя;  $\chi$  — коэффициент интенсивности накопления необходимой деформации почвы при повторных нагружениях;  $n$  — число повторных проходов движителя по одному следу.

Этот показатель прямо пропорционален уплотнению почвы

$$\Delta\gamma = U/1200,$$

где  $\Delta\gamma$  — разница между плотностью почвы под следом движителя и на неуплотненном участке на той же глубине.

На рисунке 58 представлены экспериментальные данные по зависимости  $\Delta\gamma$  от  $U$ . Показатель  $U$  имеет функциональную связь и с относительной урожайностью. Для гусеничного движителя

при  $L/b < 7$

$$\omega = (0,92 + 0,3L/b)^{2/3};$$

при  $L/b > 7$

$$\omega = 2,15,$$

где  $L$  — длина опорной поверхности гусеницы;  $b$  — ширина гусеницы.

На рисунке 59 показаны эпюры давления на почву различных тракторов ( $q_{\max} = \xi q_{\text{ср}}$ ,  $n = 1$ ).

\* Временные рекомендации по снижению уплотняющего воздействия на почву ходовых систем сельскохозяйственной техники. — М.: Колос, 1984.



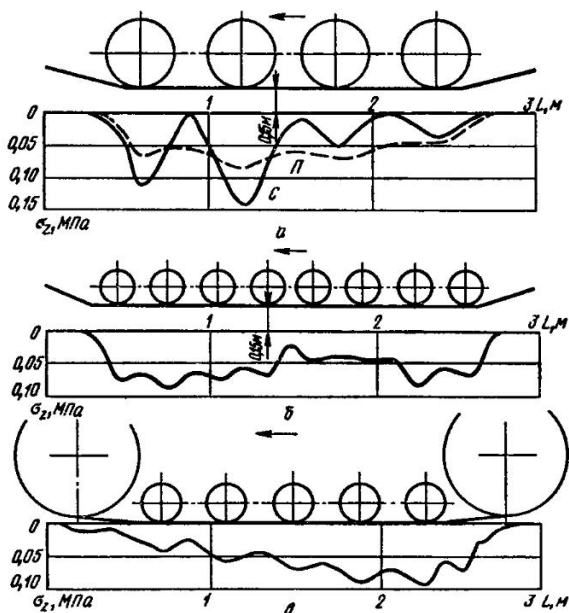


Рис. 59. Эпюры распределения давления на почву по опорной поверхности гусеничных тракторов: а – Т-150: ————— – серийный (С); - - - - - с пневмогусеничным движителем (П); б – Т-150 – с экспериментальной восьмикатковой ходовой системой; в – Т-130.

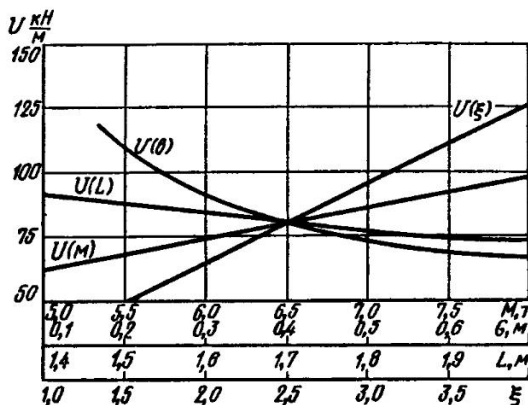


Рис. 60. Влияние конструктивных параметров ходовой системы на показатель уплотняющего воздействия на почву.

Влияние конструктивных параметров ходовой системы на показатель уплотняющего воздействия на почву показано на рисунке 60. Из графиков видно, что наиболее существенное значение имеет снижение неравномерности распределения давления по опорной поверхности (коэффициент  $\xi$ ), для чего необходимо уменьшать отношение расстояния между катками к шагу гусеницы или применять пневмогусеничный ход. Существенно влияют на показатель  $U$  снижение массы трактора и увеличение ширины гусеницы с 0,2 до 0,4 м.

**Устойчивость прямолинейного движения, маневренность и плавность хода.** Ходовая система оказывает решающее влияние на указанные параметры трактора.

В случае эксцентричного приложения ( $e$ ) тяговой нагрузки возникает поворачивающий момент ( $P_{крe}$ ). Он уравновешивается моментом сопротивления повороту  $M_{п} = \mu MgL/4$  или компенсируется воздействием на механизм поворота (рис. 61). Чем больше длина опорной поверхности, тем лучше устойчивость прямолинейного движения.

Неодинаковый износ шарниров гусениц двух бортов и различное их натяжение также вызывают увод трактора в сторону менее изношенной гусеницы. Поэтому гусеницы с уплотненными и резинометаллическими шарнирами, а также бесшарнирные обеспечивают лучшую устойчивость прямолинейного движения.

При работе поперек склона на трактор действует поперечная сила, под действием которой трактор стремится сползти вниз. Это объясняется наличием торцевых зазоров между звеньями гусениц, которые под действием боковых нагрузок от опорных катков на направляющие гребни укладываются на поверхность пути со смещением в сторону понижения относительно ранее уложенного звена (рис. 62). Повышенная точность изготовления звеньев, минимальные торцевые зазоры или резинометаллические гусеницы обеспечивают повышение устойчивости прямолинейного движения на склонах.

Боковая сила вызывает соответствующую реакцию почвы на погруженные элементы гусениц, ее боковую деформацию.

Критический угол склона, при котором сползание становится опасным, можно определить по формуле

$$\sin \beta_{кр} = \frac{h_{зщ} l_{зщ} Lc \operatorname{ctg}(\rho/2)}{Mgt},$$

где  $h_{зщ}$ ,  $l_{зщ}$  — высота и длина боковой проекции почвозацепа;  $L$  — длина опорной поверхности;  $t$  — шаг расположения почвозацепов (шаг гусеницы);  $c$ ,  $\rho$  — связность и угол внутреннего трения почвы.

Из формулы следует, что целесообразно увеличивать  $l_{зщ}$  (шеврошный или расчлененный зацеп — рис. 63).

При работе на склонах со значительной тяговой нагрузкой (пахота или культивация) различие в нормальных нагрузках

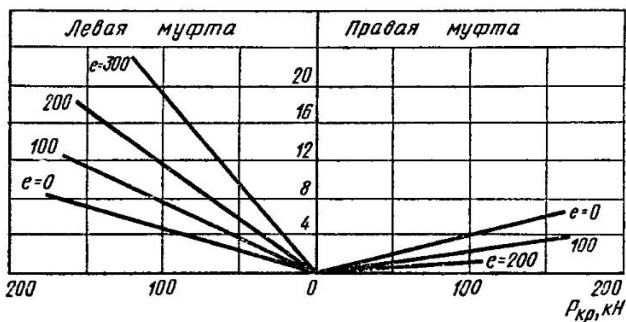


Рис. 61. Зависимость смещений тяговой нагрузки и количества воздействий на муфты поворота.

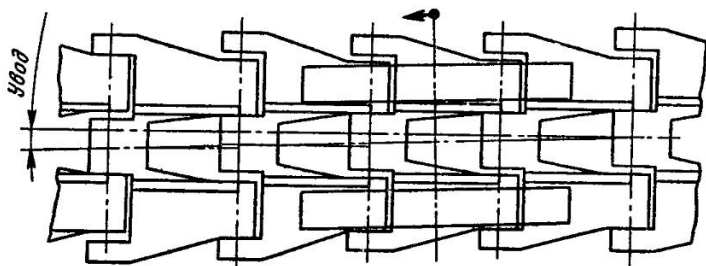


Рис. 62. Схема укладки звеньев на поверхность пути при наличии боковой нагрузки.

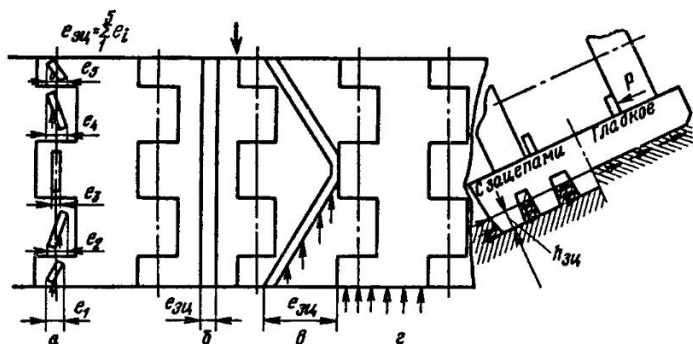


Рис. 63. Схема деформации почвы зацепами разной формы при боковом сползании:

*a* – расчлененный зацеп; *b* – прямой зацеп; *v* – шевронный зацеп; *g* – гладкая гусеница.

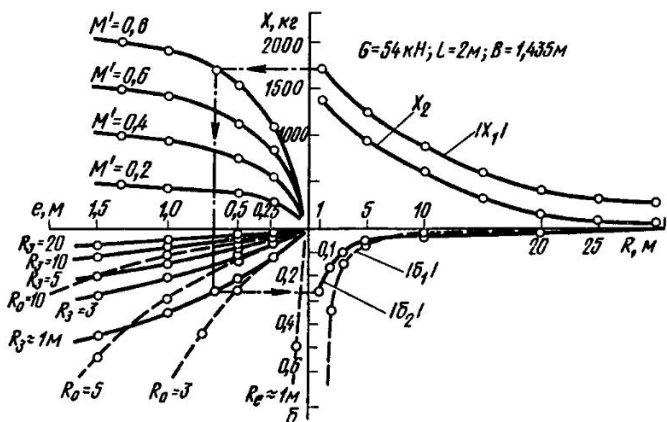


Рис. 64. Номограмма определения потерь на буксование  $\delta_2$  и скольжение  $\delta_1$  гусениц при поворотах трактора тягового класса 3 на стерне.

на верхнюю и нижнюю гусеницы вызывает их различное буксование и поворот остова трактора с просиданием назад в сторону подъема. Это явление меньше сказывается при повышенных тяговых качествах ходовой системы (увеличенные длина опорной поверхности и размеры почвозацепов).

Маневренность (поворотливость) гусеничного трактора также зависит от параметров ходовой системы, так как при повороте на гусеницы действуют поперечные силы в разных направлениях, вызывающие образование момента сопротивления повороту, увеличивается касательная сила тяги на забегавшей гусенице, уменьшается до отрицательного значения касательная сила тяги на отстающей гусенице (рис. 64), изменяются буксование, сопротивление качению и характер деформации почвы. Основные параметры, определяющие сопротивление повороту, — отношение  $L/B$ , длина опорной поверхности, ширина гусеницы  $b$ , диаметр опорного катка, форма опорной поверхности гусеницы.

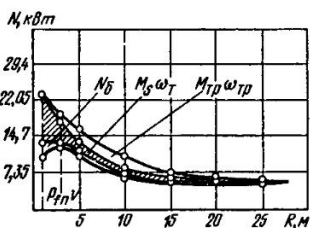


Рис. 65. Баланс мощности при поворотах трактора тягового класса 3:

$N_\delta$  — буксование, скольжение;  $M_\delta\omega_T$  — потери на поворот;  $M_{TP}\omega_{TP}$  — потери в тормозах.

Для снижения сопротивления повороту рекомендуется:

- уменьшение  $L/B$  (допустимое значение – 1,6);
- увеличение  $b/L$ ;
- увеличение диаметра опорных катков;
- закругление боковых поверхностей звеньев гусениц вверх в форме лыжи;
- поворот по ломаной линии вместо непрерывного поворота с постоянным радиусом для уменьшения забивания почвой ходовой системы.

Для увеличения потенциального поворачивающего момента необходимо повышение тяговых качеств. Пример баланса мощности на повороте приведен на рисунке 65, а расчетные формулы – в таблице 9.

Для обеспечения нормативного уровня низкочастотных колебаний на сиденье тракториста большое значение имеет подвеска,

### 9. Расчетные формулы баланса мощности при поворотах трактора

Параметры	Формулы для определения потерь на буксование $\delta_2$ и скольжения $\delta_1$ гусениц при поворотах трактора
-----------	--

Сила тяги забегающей гусеницы	$X_2 = X_k(0,5 + v_x)$ $v_x = \frac{M_{рез}}{X_k B}$	$X_{2,1} = \mu' Mg \frac{l_{2,1}}{L} \times$ $\times \ln 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2l_{2,1}}{L}\right)^2} \times$ $\times \frac{2l_{2,1}}{L}$
-------------------------------	--	---

Сила тяги отстающей гусеницы	$X_1 = X_k(0,5 - v_x)$
------------------------------	------------------------

Момент сопротивления повороту	$M_{рез} = \mu Mg L/4$
-------------------------------	------------------------

Поперечное смещение полюса поворота	$l_{2,1} = \frac{\delta_{2,1} (R \pm 0,5 B)}{1 \mp \delta_{2,1}}$
-------------------------------------	---

Коэффициент сопротивления повороту	$\mu$ – зависит от коэффициента трения стали о грунт $\mu'$ , коэффициента внутреннего трения в грунте, параметров грунта, соотношения зацепления и сцепления гусеницы с грунтом, плотности грунта, длины опорной поверхности гусеницы $L$ , колеи $B$ , радиуса поворота $R$
------------------------------------	---

входящая в ходовую систему. Кроме того, подвеска с упругими элементами позволяет снизить динамические нагрузки, передаваемые на остов трактора от возмущающего воздействия неровностей полей и дорог, которые характеризуются нормированной спектральной плотностью воздействия (табл. 10).

При движении трактора по неровностям гусеница сминает их вершины и сглаживает впадины за счет конечного значения шага, в результате чего уменьшается частота воздействия до соответствующей переезду опорным катком двух звеньев.

При жесткой подвеске все возмущения, не сглаженные гусеницами, без уменьшения передаются на остов трактора, поэтому тракторы с жесткими подвесками могут передвигаться со скоростями не более 2 м/с.

При полужестких подвесках возмущающее воздействие от наезда на неровности сглаживается благодаря деформации упругих элементов в передней части ходовой системы, в результате чего уменьшается частота колебаний остова и только при съезде с неровностей (подвергшихся сильной деформации) наблюдается жесткая передача возмущений. В результате скорости передвижения возрастают до 3 м/с.

При упругих подвесках жесткая передача возмущающих воздействий исключается (кроме случаев пробоя подвески, которые должны быть исключением), могут применяться гасители колебаний механического или гидравлического типа, что позволяет обеспечить нормальные условия работы на гусеничном тракторе по низкочастотным колебаниям при скоростях, заданных агротребованиями. Дальнейшее увеличение скоростей ограничивается ввиду высоких динамических нагрузок, особенно между деталями неподдресоренной части в полужесткой ходовой системе (рис. 66).

Важный параметр подвески — обеспечиваемая ею собственная частота колебаний остова для оптимального режима работы поддресоренного сиденья, она должна быть 1,5...3,5 Гц. Уровень низкочастотных колебаний на остова должен быть не более 1,5 норматива ускорений на сиденье по ГОСТ 12.2.2.019—76.

Переезд через крупные неровности вызывает отклонение рабочего органа навесной машины от заданного положения.

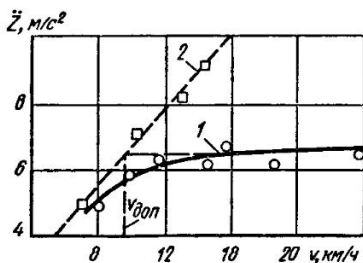


Рис. 66. Вертикальные ускорения на остова тракторов Т-4А с полужесткой подвеской (1) и Т-150 с упругой подвеской (2).

### 10. Характеристика профилей полей и дорог

Фон	Профиль	Высота неровностей*, см	Нормированная корреляционная функция, с	Нормированная спектральная плотность воздействия, с
Стерня озимой пшеницы	По направлению уборки	$\frac{5,3}{2,4}$	$\rho_h(\tau) = e^{-0,42\tau} \cos \frac{\pi}{11,0} \tau$	$S_h^*(\omega) = \frac{0,134\omega^2 + 0,0035}{\omega^4 + 0,1889\omega^2 + 0,0667}$
	Поперек направления уборки	$\frac{8,6}{3,5}$	$\rho_h(\tau) = e^{-0,53\tau} \cos \frac{\pi}{9,5} \tau$	$S_h^*(\omega) = \frac{0,169\omega^2 + 0,0658}{\omega^4 + 0,358\omega^2 + 0,154}$
Вспаханное поле (зябрь)	Поперек направления вспашки, по колее колесного трактора	$\frac{11,0}{4,09}$	$\rho_h(\tau) = 0,9e^{-0,5\tau} + 0,1e^{-0,4\tau} \cos 2,06\pi\tau$	$S_h^*(\omega) = \frac{0,143}{\omega^2 + 0,25} + \frac{0,0127(\omega^2 + 41,96)}{(\omega^2 - 41,64)^2 + 26,75}$
Полевая малонаезженная дорога	По колее	$\frac{6,7}{2,12}$	$\rho_h(\tau) = e^{-0,58\tau} \cos \frac{\pi}{5} \tau$	$S_h^*(\omega) = \frac{0,185\omega^2 + 0,135}{(\omega^2 - 0,06)^2 + 0,532}$

\* В числителе дана средняя арифметическая высота неровностей, в знаменателе — средняя квадратическая.

Наибольшее значение эти отклонения имеют при жесткой подвеске, наименьшее — при упругой индивидуальной подвеске.

**Надежность ходовой системы.** У гусеничных тракторов ее оценивают по техническому ресурсу и безотказности (наработке на отказ).

Для большинства гусеничных тракторов ресурс их ходовой системы при эксплуатации в нормальных условиях составляет несколько тысяч моточасов. При работе на высокоабразивных и скальных грунтах он уменьшается примерно в 2 раза.

В перспективе для новых гусеничных тракторов намечено повысить ресурс их ходовой системы на 30...50 %.

Основные пути повышения надежности ходовых систем гусеничных тракторов различного назначения следующие:

— для сельскохозяйственных тракторов общего назначения и пропашных — применение в гусеницах биметаллических пальцев с легированным хромом и ванадием поверхностным слоем, введение поверхностного контакта в зацеплении звеньев с ведущими колесами, применение уплотнений с резиновыми массивными кольцами вместо чехлов и уплотнительными кольцами из композиционного («спеченного») материала с микроконусом на рабочих поверхностях, замена винтовых механизмов натяжения гусениц гидравлическими;

— для энергонасыщенных тракторов Т-150 и ДТ-175С — переход на гусеницы с резинометаллическими шарнирами, а в ряде зон — на пневмогусеничный ход;

— для промышленных тракторов — применение или совершенствование уплотнений шарниров гусениц и смазывания шарниров, изготовление изнашивающихся деталей гусеничных движителей (опорных катков, звеньев и башмаков гусениц) из малолегированных сталей с применением термообработки, переход на бесчехольные уплотнения с кольцами из высоколегированного чугуна и морозостойкой резины в подшипниковых узлах;

— для трелевочных и лесохозяйственных тракторов — совершенствование технологии и применение малолегированных сталей повышенного качества для основных изнашивающихся и работающих на усталость деталей (звеньев и пальцев гусениц, ведущих и направляющих колес, пружин подвесок); разработка и применение бесшарнирных ленточных резинометаллических гусениц с упругими башмаками, переход на упругую подвеску тракторов тягового класса 4.

Надежность гусеничных ходовых систем проверяют в основном методами ускоренных стендовых испытаний по отраслевым методикам. Окончательно ее проверяют в процессе эксплуатационных испытаний на основных видах работ с регламентированными режимами нагружения по ГОСТ 7057—81.



## 11. Основные параметры подвесок

Трактор	Тип подвески	Упругий ход, мм	Жесткость, кН/м	Сопротивление, кН·с/м	Упругий элемент	Диаметры		Длина в свободном состоянии, мм
						прутка, пружины, торсиона, мм	пружины (средний), мм	
T-74	Упругая балансирующая	70	760	Сухое трение	Четыре большие пружины и четыре малые	20 14	96 58	360 330
DT-75 DT-75M DT-75B	То же	70	800	Сухое трение	Четыре пружины	26	101	490
T-150	»	96	492/850	30 (амортизатор)	Четыре большие пружины и две малые	25 14	125 58	410 330
DT-175C	»	80	900	18 (сухое трение)	Четыре пружины	28	112	540
T-70C	Полужесткая четырехточечная	50	229/279	Сухое трение	Один передний торсион и два задних	26 26	— —	860 420
T-90C	Упругая рычажно-балансирующая	60	240	10 (полужидкостное трение)	Шесть торсионов	33	—	470

### 3.3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Основные параметры подвески сельскохозяйственных и болотоходных тракторов приведены в таблице 11.

**Гусеничный движитель.** Все сведения по параметрам движителя и предварительному натяжению гусеницы приведены в таблицах 12 и 13.

#### 12. Основные параметры движителя

Трактор	Число звеньев в обode	Диаметр пальца, мм	Шаг гусеницы, мм	Число зубьев ведущего колеса	Диаметр начальной окружности, мм	Диаметр направляющего колеса, мм	Диаметр опорного катка, мм	Диаметр поддерживающего ролика, мм
T-70C	33	22	176	23	634	540	236	225
T-90C	37	22	176	23	634	540	236	225
T-74	41	22	170	12	650	600	350	225
ДТ-75, ДТ-75М	42	22	170	13	704	600	350	225
ДТ-75Б	46	22	170	19	711	700	350	225
T-4A	42	25	170	14	758	640	203	220
T-150	46	25	170	14	764	600	400	225
ДТ-175C	45	25	170	13	704	600	400	225
T-130	38	44,5	203	13	840	650	220	180
T-130Б	45	44,5	203	13	840	650	220	220

#### 13. Предварительное натяжение гусеницы

Трактор	Место измерения	Провисание, мм
T-70C	Между направляющим колесом и поддерживающим роликом	45...50
ДТ-75, ДТ-75М, T-74	Между поддерживающими роликами	30...50
T-150, ДТ-175C	Между поддерживающими роликами	40...60
T-4A	Между поддерживающими роликами	30...50
T-130, T-130Б	Между ведущим колесом и поддерживающим катком	7...15
T-180	Между поддерживающими роликами	30...40
ТДТ-55A	Между передним катком и беговой дорожкой	30...45
ТТ-4	Над средним катком	(просвет) Касание

## 4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

### 4.1. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Высокая работоспособность ходовых систем тракторов в существенной степени зависит от соблюдения требований их технической эксплуатации, т. е. совокупности технических и организационных мероприятий, проводимых в хозяйствах по поддержанию ходовых систем тракторов в работоспособном состоянии.

Ходовые системы тракторов (особенно гусеничных) обычно работают в условиях сильной запыленности, при постоянно меняющихся нагрузках. Поэтому надежная и длительная работа механизмов ходовой системы зависит от: хорошей защиты их от пыли; надежного и тщательного смазывания; промывки закрытых емкостей; удаления продуктов износа и абразивных частиц; своевременного регулирования зазоров и т. д. Все это достигается прежде всего правильной эксплуатацией и качественным проведением операций технического обслуживания.

К числу основных требований по техническому состоянию ходовых систем тракторов можно отнести следующие:

по колесным тракторам — не допускать предельного износа рисунка протектора, наличия сквозных трещин и разрывов в покрышках колес. Сходимость колес переднего моста должна находиться в установленных пределах, ширина колеи и давление в шинах устанавливаются в зависимости от вида выполняемых работ;

по гусеничным тракторам — не допускать работу трактора с ослабленной гусеничной цепью; при достижении предельного износа пальцев гусениц своевременно их заменять; нельзя работать на тракторе при неодинаковом удлинении гусеничных полотен, а также в случае неравномерного износа опорных катков или одностороннего износа направляющих колес; необходимо своевременно смазывать элементы ходовой системы, а также заменять масла в ее емкостях.

В процессе эксплуатации надо строго контролировать состояние регулировочных зазоров в элементах ходовых систем.

К числу требований технической эксплуатации следует отнести также и некоторые вопросы, касающиеся прежде всего организации технического обслуживания и ремонта ходовых систем. Эти службы должны быть обеспечены квалифицированными специалистами, а также необходимым комплектом

оборудования для диагностирования, технического обслуживания и ремонта ходовых систем.

Выполнение всего комплекса работ и удовлетворение перечисленных требований, оговоренных, как правило, в инструкциях по эксплуатации тракторов, позволит поддерживать ходовые системы тракторов в работоспособном состоянии и увеличит срок их службы.

## **4.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ХОДОВЫХ СИСТЕМ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ**

**Эксплуатации шин.** Наиболее дорогостоящий и быстроизнашивающийся элемент ходовых систем колесных тракторов — шины. Тракторы комплектуют шинами в соответствии с рекомендациями шинной промышленности, научно-исследовательского института шинной промышленности (НИИКГШ) и условиями их эксплуатации. При комплектровании учитывают дорожно-полевые условия, в которых им предстоит работать. Поэтому перестановка шин, не предусмотренная инструкцией по эксплуатации трактора, недопустима, так как это может привести к преждевременному выходу их из строя.

На каждую новую или восстановленную шину должна быть заведена карточка учета, в которой необходимо отмечать все сведения, касающиеся данной шины (место и дата установки, наработка, техническое состояние и т. д.).

Предупредить преждевременный выход из строя шин позволяет правильное выполнение их монтажа и демонтажа. Несоблюдение этих правил зачастую приводит к повреждению камер, разрушению бортов покрышки и т. д. Поэтому монтажные и демонтажные работы требуют особой осторожности и аккуратности. Прежде чем монтировать шину, ее необходимо внимательно осмотреть. При осмотре (особенно шин, бывших в эксплуатации) применяют при необходимости спредеры (специальные осмотровые борторасширители). Застрявшие в шинах предметы удаляют.

Поступающие на монтаж покрышки и камеры должны быть чистыми и сухими. Если они хранились при низких температурах, то перед монтажом их необходимо отогреть до температуры помещения, в котором намечено проводить данные работы. Перед монтажом проверяют герметичность камер, используя для этого специальные ванны, а при их отсутствии — просто удобную емкость, наполненную водой. Кроме того, внутренние поверхности покрышек и наружные поверхности камер и ободных лент, а также ободы в зоне прилегания бортов припудривают тальком или смазывают заменяющими его составами.

Монтаж и демонтаж шин проводят на специально отведенном участке с применением стационарных или переносных приспособлений, а также комплектов специальных монтажных ло-

патов. Категорически запрещается производить монтаж-демонтаж шин непосредственно на тракторе. По окончании монтажа шины накачивают (можно при вывернутом золотнике), при этом борта покрышки не должны защемлять камеру. Они должны выйти из углубления обода и полностью прижаться к его закраинам. В первый раз шины ведущих колес тракторов допускается накачивать до давления выше нормы на 0,05...0,07 МПа (0,5...0,7 кгс/см<sup>2</sup>), а для шин 720-665Р — до давления, которое превышает норму на 0,11 МПа (1,1 кгс/см<sup>2</sup>). После выпуска воздуха из камер их накачивают повторно уже до требуемого давления и по его достижении на вентиль наворачивают колпачок.

Срок службы шин, степень равномерности их износа, безопасность движения, степень утомляемости водителей в процессе работы в существенной степени зависят от правильности установки и расстановки колес. Колеса на полуосях трактора устанавливаются так, чтобы масса, приходящаяся на его заднюю и переднюю оси, распределялась между соответствующими колесами поровну. При установке передних направляющих колес следует обязательно проверить и при необходимости отрегулировать схождения и углы наибольшего поворота колес, а также предусмотренные конструкцией углы развала, продольного и поперечного наклонов шкворня.

Для определения схождения колес обычно используют специальные раздвижные линейки, а для углов установки колес — переносные ручные приборы механического, жидкостного или оптического типа. Применяют также стационарные диагностические стенды различных конструкций, устанавливаемые обычно на смотровых канавах проездного или тупикового типов.

Каждая пневматическая шина рассчитана на работу в определенном диапазоне вертикальных нагрузок и соответствующих им внутренних давлений и скоростей движения трактора. Причем качество шин, режимы их эксплуатации обычно характеризуются минимально и максимально допускаемыми внутренними давлениями и соответствующими им наибольшими нагрузками. В диапазоне между этими значениями указывают взаимозвязанные промежуточные нагрузки и давления. При этом срок службы шины существенно зависит от внутреннего давления (рис. 67) и нагрузки на нее (рис. 68).

Нормы внутреннего давления в шинах для тракторов некоторых марок, работающих в специфических условиях эксплуатации, указываются в имеющейся дополнительной нормативно-технической документации.

Для наиболее распространенных колесных тракторов, используемых в сельском хозяйстве, нормы внутреннего давления в шинах определены в зависимости от условий их эксплуатации и места установки на тракторе (см. табл. 5).

Внутреннее давление в шинах контролируют обычно перед выездом на работу, так как в этом случае температура шины

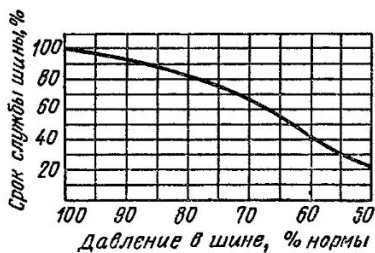


Рис. 67. Зависимость срока службы шин от внутреннего давления.

На поточных линиях (технического диагностирования, технического обслуживания и т.п.) станций технического обслуживания тракторов (СТОТ) используют автоматические воздухо-раздаточные колонки и устройства для накачивания шин, с помощью которых можно одновременно подкачивать, проверять и устанавливать уровень давления на нескольких колесах сразу.

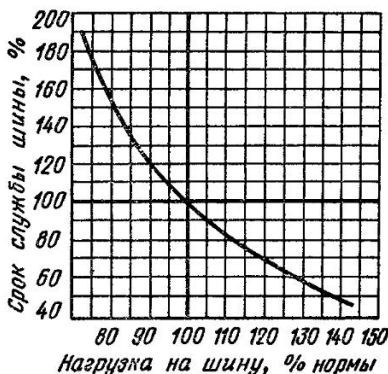
Длительная работа шин, их сбережение в значительной степени зависят от отношения к этим вопросам механизаторов, обслуживающих технику. За сбережение тракторных шин во многих республиках нашей страны введены в действие порядок и условия премирования. Причем премия выплачивается ежеквартально или раз за полугодие независимо от того, сэкономлены или перерасходованы средства при ремонте и техническом обслуживании тракторов. Размер премии определен в соответствии с типовым положением об оплате труда рабочих совхозов и других государственных предприятий сельского хозяйства. Введение системы премирования должно предусматривать четкий учет наработки тракторов, наличие данных о нормативных сроках службы шин различных типоразмеров и назначения (в условных эталонных гектарах) и данных с нормативных удельных затратах на замену шин в хозяйствах.

Эти данные разрабатываются и утверждаются в каждой союзной республике.

В процессе эксплуатации возникает необходимость в выполнении некоторых опе-

Рис. 68. Зависимость срока службы шин от нагрузки.

равна температуре окружающей среды. При этом используют ручные шинные манометры МТ-1, МД-214, МТ-4 (с верхними пределами измерения соответственно 0,25, 0,3 и 0,6 МПа и ценой деления 0,01 МПа при точности  $\pm 0,01$  МПа). В нормальных условиях можно применять специальные наконечники с манометрами, подключенными к воздухо-раздаточным шлангам.



## 14. Основные показатели ходовых систем колесных тракторов

Показатель	Трактор и самоходное шасси								
	T-16M	T-25A	T-40M	ЮМЗ-6АМ	МТЗ-80	МТЗ-82	МТЗ-100	T-150К	К-701
Остов	Полурамный	Безрамный			Полурамный			Сочлененная рама	
Колесная формула	4К2	4К2	4К2	4К2	4К2	4К4	4К2	4К4	4К4
Ширина колеи, мм:									
передних колес	1280...1800	1200...1400	1375...1840	1360...1860	1250...1800	1250...1800	1300...1850	1860 или 1680 (при перестановке колес)	2115
задних колес	1264...1750	1100...1500	1375...1840	1400...1800	1400...2100	1400...2100	1400...2100	1860 или 1680 (при перестановке колес)	2115
База трактора, мм	2500	1630...1837	2120...2145	2450	2370	2450	2500	2860	3200
Агротехнический просвет, мм	560	450 и 657	500 и 650	450 и 645	645	310 и 465		400	430 и 545
Шины:									
передних колес	6,00-16	6,00-16	6,50-16	7,50-20	9,00-20	11,2-20		21,3R24	28,1R26
задних колес	9,5-32	9,5-32	13,6R38	15,5R38	15,5R38	15,5R38	15,5R38	21,3R24	28,1R26

раций по подготовке тракторов к работе с сельскохозяйственными машинами. В число операций входят: изменение агротехнического просвета; изменение ширины колеи тракторов и др.

Рассмотрим последовательность проведения этих операций для сельскохозяйственных тракторов (табл. 14).

**Изменение агротехнического просвета** — одна из основных эксплуатационных регулировок универсально-пропашных тракторов.

Трактор Т-25А. Агротехнический просвет изменяют за счет поворота бортовых передач и перестройки переднего моста, механизма навески и подножки. Различают высокую, среднюю и низкую наладки трактора.

На низкую и высокую наладки трактор регулируют только в случаях, когда это предусматривается условиями работы:

Передний мост перестраивают следующим образом:

— отворачивают гайки, болты и снимают с осей крылья передних колес;

— отгибают усы пластин и отпускают болты и гайки шпилек крепления полуоси переднего колеса к оси поворотного кулака;

— поднимают домкратом одно из передних колес (при перестройке из низкой наладки в высокую — на 220...230 мм от грунта, в среднюю — на 150...160 мм, при обратной перестройке — на 10...20 мм);

— выворачивают болты и шпильки, снимают полуось переднего колеса со ступицей в сборе с установочных штифтов, запрессованных в ось поворотного кулака;

— устанавливают фланец полуоси на установочные штифты в требуемом положении в зависимости от нужной наладки. Подкладывая под головки болтов и гайки шпилек замковые пластины, вворачивают и затягивают болты и шпильки;

— отгибают усы пластин на грани головок болтов и гаек шпилек;

— выполняют те же операции со вторым колесом;

— при перестройке трактора для работы на транспорте устанавливают крылья передних колес.

Трактор Т-40М. У этого трактора наименьший агротехнический просвет составляет 500 мм. Это значение достигается нижним расположением фланцев передних колес при развернутых назад картерах конечной передачи.

Просвет 650 мм получают установкой фланцев цапф передних колес в верхнее положение, при этом картеры конечных передач поворачивают вниз на  $36^\circ$ . Операции по перестановке картера конечной передачи выполняют при снятом заднем колесе так же как и на тракторе Т-25А.

**Изменение ширины колеи** — также очень важная регулировка тракторов при выполнении ими различных сельскохозяйственных работ.



Трактор Т-25А. Для получения узкой колеи передних и задних колес трактор регулируют только в случаях, когда это требуется условиями работы. При работе на транспорте колея передних колес — 1400 мм, а задних — 1500 мм.

Для изменения ширины колеи передних колес:

— поднимают домкратом, подставленным под конец балансира, одну из передних колес;

— отворачивают гайки болтов балансира, предварительно расшплинтовав их;

— отворачивают гайку стяжного болта поперечной рулевой тяги и вынимают болт;

— отворачивают болт и снимают планку с фиксирующим штифтом;

— располагают корпус поворотного кулака на нужную длину так, чтобы отверстие в балансире совпало с нужным отверстием в корпусе поворотного кулака;

— устанавливают на место планку с фиксирующим штифтом и закрепляют ее болтом;

— затягивают стяжные болты балансира гайками, шплинтуют гайки. Опускают колесо на грунт и убирают домкрат;

— такие же операции выполняют на другой стороне переднего моста;

— совмещают канавку на стержне поперечной рулевой тяги с отверстием для стяжного болта трубы поперечной рулевой тяги, вставляют стяжной болт и затягивают его гайкой.

Для изменения ширины колеи задних колес:

— ослабляют гайки крепления задних колес на 1...2 оборота;

— с помощью гидромеханизма или домкрата поднимают трактор так, чтобы колеса отошли от грунта на 10...20 мм, и отворачивают гайки;

— снимают колесо с трактора, отворачивают болты крепления обода к диску и устанавливают диск на обод в требуемом положении (колеи 1100, 1203, 1313, 1407 и 1500 мм);

— устанавливают колесо на место и закрепляют его болтами, накрунув на них и затянув гайки.

При изменении ширины колеи с 1203 мм на 1313 мм и обратно колеса меняют лишь местами, ободья с дисков не снимают, а под задний мост трактора устанавливают подставку. При установке задних колес на колею 1100 мм ниппель для накачки воздухом должен располагаться с наружной стороны трактора. Необходимо следить, чтобы выпуклая стрелка на боку покрышки была направлена в сторону вращения колеса во время работы трактора.

Самоходное шасси Т-16М. Для выполнения сельскохозяйственных работ в междурядьях 450, 600, 700 и 900 мм с обеспечением защитных зон и просвета соответственно регулируют колею направляющих и ведущих колес на 1280, 1410, 1540 и 1800 мм. Для этого:

— поднимают домкратом, установленным под балансир, одно из направляющих колес;

— отворачивают гайки двух стяжных болтов балансира, расшплинтовывают палец и вынимают его из поднятой части трубы балансира;

— вывинчивают наконечник шарнира из трубы тяги, предварительно освободив контргайку или отвинчивают гайку и вынимают клиновидный палец;

— устанавливают корпус так, чтобы отверстие в балансире совпало с пужным отверстием в корпусе кулака, и палец устанавливают на место;

— затягивают стяжные болты и зашплинтовывают палец, отпускают колесо и убирают домкрат.

Аналогичные операции выполняют на другой стороне, после чего собирают тяги рулевого управления, регулируют сходимость направляющих колес и законтривают крепежные элементы. В случае, если необходимо установить колесо на ширину, кратную 130 мм, одно из колес устанавливают дальше от продольной оси самоходного шасси на расстоянии, равном расстоянию между отверстиями в корпусе кулака и двумя канавками на стержнях рулевых тяг.

Для установки колеи ведущих колес на 1264, 1358, 1562 и 1750 мм переставляют диски колес на оси и ободья колес на дисках. При этом ведущее колесо поднимают с помощью домкрата, который устанавливают под соответствующий тормозной рукав. Если ведущие колеса переставляют, то под задним мостом трактора располагают подставки. Необходимо, чтобы направление стрелки на шинах с надписью «Направление вращения» соответствовало вращению колес при движении трактора на передачах переднего хода.

При необходимости установки колеи ведущих колес, не кратной 120 мм, обод одного из ведущих колес устанавливают в положение, соответствующее размеру колеи. Для этого отодвигают ведущее колесо с той же стороны, с которой отодвинуто и направляющее колесо. При выполнении транспортных работ целесообразно устанавливать колею ведущих колес не менее 1358 мм.

Трактор ЮМЗ-6АМ. Колею передних колес можно регулировать от 1260 до 1860 мм. На тракторе предусмотрено ступенчатое изменение колеи направляющих колес (с интервалом 100 мм), а колеи ведущих — бесступенчатое.

Колею устанавливают в такой последовательности:

— поднимают одно колесо;

— отпускают гайки болтов, которые стягивают разрезной конец трубы, расшплинтовывают и выбивают фиксатор;

— выдвигают кулак передвигают так, чтобы расстояние от колеса до продольной оси трактора было равно половине требуемой ширины колеи;

— отверстия в трубе и выдвигном кулаке смещаются при

этом под фиксатор, который ставят на место и затягивают гайками;

— регулируют длину поперечной тяги при поднятом левом колесе (длину толкающей тяги регулируют при поднятом правом колесе). Для этого отпускают контргайки наконечников и вращая трубу при неподвижных наконечниках, устанавливают необходимую длину тяги, затягивают контргайки наконечников и отпускают колесо.

При изменении колеи на 100 мм необходимо соответственно изменить длину поперечной и толкающей тяг на 50 мм. Если необходимо установить колею 1560 мм и более, то трубу поперечной тяги заменяют удлиненной (635 мм), при установке колеи 1660...1860 мм трубу толкающей тяги заменяют трубой длиной 300 мм, а при установке колеи 1260...1360 мм — трубой 106 мм. Указанные трубы находятся в комплекте деталей, прикладываемых к трактору.

После установки требуемой колеи трактора необходимо отрегулировать сходимость направляющих колес и их наибольших углов поворота. При этом необходимо обеспечить надежную затяжку болтов, стягивающих разрезные концы передней оси, а также равномерный заход резьбовой части наконечников в трубы толкающей и поперечной тяг.

Колею ведущих колес устанавливают с помощью специального устройства, которое позволит без приложения больших физических усилий бесступенчато изменять колею.

Колею в пределах 1400...1600 мм устанавливают перемещением колес по выступающим концам полуосей в следующем порядке:

— поднимают колесо домкратом до отрыва от грунта;  
— выворачивают два болта крепления вкладыша к ступице и транспортировочный болт;

— устанавливают два демонтажных болта во вкладыши, а также устанавливают винт, крышку и закрепляют их болтами;

— выворачивают болты крепления вкладышей и крышки на 3...4 оборота; вворачивают в резьбовые отверстия демонтажные болты, сдвигают вкладыши до упора фланцев вкладышей и крышки в головки болтов, вращением винта устанавливают (передвигают) колесо на расстояние, равное половине требуемой колеи от продольной оси трактора;

— выворачивают болты из вкладышей, а также болты крепления крышки, снимают крышку и винт;

— вворачивают два болта крепления вкладышей и транспортировочный болт, затянув их.

При необходимости установки колеи в пределах 1600...1800 мм колеса переставляют выпуклой стороной дисков к рукавам полуоси. С целью сохранения правильного направления вращения шин, определяемого рисунком протектора, колеса меняют местами.

Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82. Колею передних, направляющих колес трактора МТЗ-80 можно изменять от 1250 до 1800 мм, а задних (ведущих) — от 1400 до 2100 мм. Колею передних колес регулируют с интервалами 100 (при симметричном) и 50 мм (при несимметричном расположении колес). Требуемую колею передних колес тракторов МТЗ-80 устанавливают почти так же, как и у тракторов ЮМЗ, с учетом того, что толкающей тяги в рулевом приводе нет. Длину левой и правой поперечных тяг необходимо изменять симметрично при установке колеи 1400 мм, а при большей колее трубы рулевых тяг необходимо заменять удлиненными, прилагаемыми к трактору.

На тракторе МТЗ-82 колею передних колес регулируют изменением расположения диска и обода, а также перемещением корпусов конических пар в рукавах переднего ведущего моста с помощью винтового механизма. При установке колеи необходимо руководствоваться данными таблиц 15 и 16.

**15. Параметры рекомендуемой установки колеи**

Колея, мм	Положение диска на ободе	Длина, мм	Положение штифта
1350	А	7	II
1400	А	34	I
1600	А	135	I
1700	В	135	I
1800	Б	130	I

**16. Пределы бесступенчатого изменения колеи**

Колея	Положение диска на ободе
1335...1605	А
1427...1697	В
1541...1811	Б

Регулируют колею в такой последовательности:

— устанавливают обод и диск в одно из требуемых положений;

— снимают крышки винтов регулировки колес;

— ослабляют клинья рукавов, отвернув гайки так, чтобы обеспечивалось свободное перемещение корпусов конических пар в рукавах моста;

— устанавливают штифт в положение I (см. табл. 15). В случае, если возникает необходимость перестановки штифта из положения I в положение II или наоборот, демонтакными болтами М12 выпрессовывают из корпуса штифт вместе с планкой. Переставляют шплинт из одного отверстия в другое и располагают штифт в корпусе;

— устанавливают с помощью регулировочных винтов требуемую колею;

— заменяют гайки клиньев.

Для получения колеи 1800 мм колеса переставляют с борта

на борт. После установки колеи обязательно регулируют сходимость колес.

Колею задних колес изменяют следующим образом:

— поднимают домкратом заднюю часть трактора до отрыва колес от грунта, отворачивают болты крепления и снимают крышку червяка;

— отворачивают на 2...4 оборота болты крепления вкладыша к ступице одного из колес, очищают полуось от грязи;

— вращением червяка перемещают колесо до получения требуемой колеи, затем болты крепления вкладыша затягивают и крышку червяка возвращают на место;

— устанавливают в требуемом положении второе колесо. Для получения колеи более 1600 мм колеса следует переставить выпуклой стороной дисков внутрь.

Тракторы МТЗ-100 и МТЗ-102. Колею можно изменять по направляющим колесам в пределах от 1300 до 1850 мм и по ведущим — от 1400 до 2100 мм (для шин 15,5R38), 1350...2100 мм (для шин 11,2/10-42).

Колесо устанавливают изменением взаимного расположения колес и ступиц, фланца и диска, диска и обода (МТЗ-102), а также ступенчато (через 50 мм каждый) перемещением выдвигных кулаков (МТЗ-100) или бесступенчатым перемещением корпуса верхней конической пары в рукавах корпуса и крышки переднего ведущего моста с помощью винтового механизма (МТЗ-102). Требуемую колею направляющих колес трактора МТЗ-100 регулируют в следующем порядке:

— поднимают домкратом переднюю часть трактора до отрыва колес от грунта;

— ослабляют болты и вынимают пальцы крепления выдвигных кулаков в трубе передней оси;

— по очереди передвигают выдвигные кулаки (одновременно изменяя длину рулевых тяг вращением трубы на наконечниках) на расстояние, соответствующее устанавливаемой колее, после чего закрепляют кулаки в трубе передней оси;

— при установке колеи 1400 мм и более трубы рулевых тяг обязательно заменяют удлиненными, прилагаемыми в запасных частях трактора;

— опускают трактор.

При изменении колеи передних колес трактора МТЗ-102:

— ослабляют болты, передвигают и снимают крышку винта регулировки колеи;

— освобождают клинья рукавов, отворачивают гайки настолько, чтобы обеспечивалось свободное перемещение корпусов конических пар;

— извлекают стопорные штифты;

— вращением регулировочных винтов червячного механизма устанавливают необходимую колею, затем устанавливают крышку;

— затягивают клинья и устанавливают штифты.

После установки колеи в обоих случаях регулируют сходимость колес.

Следует иметь в виду, что при установке колеи передних колес свыше 1450 мм колесные редукторы обязательно фиксируют в рукавах переднего ведущего моста штифтами, которые устанавливают в паз корпуса конической пары редуктора только после затяжки клиньев. При установке колеи 1350 и 1400 мм, когда не предусмотрена фиксация штифтами, их извлекают из пазов корпуса конических пар и стопорят в рукавах переднего ведущего моста.

При перестановке передних колес (для изменения колеи или при неравномерном износе по профилю протектора шин) не допускается несовпадение стрелки на боковые шины с направлением вращения колеса при движении вперед.

При изменении колеи задних колес:

- поднимают домкратом заднюю часть трактора до отрыва колес от грунта;
- отворачивают на 2...4 оборота болты крепления вкладыша к ступице одного из колес и очищают полуось от грязи;
- вращением червяка перемещают ступицу с колесом до требуемой колеи, затем болты крепления вкладыша затягивают;

— аналогичные операции выполняют и со вторым колесом. Для получения колеи свыше 1600 мм колеса вместе со ступицами меняют местами.

Трактор Т-150К. Колея передних и задних колес трактора, которую меняют перестановкой колес на шпильках колесных редукторов, может находиться в двух положениях.

Узкая колея (1680 мм) достигается установкой шины венгилем наружу, широкая (1860 мм) — внутрь. Левое и правое колесо при этом меняют местами.

При всех операциях, связанных с перестановкой колес, направление стрелок на шинах должно соответствовать движению трактора вперед.

**Проверка и регулировка сходимости передних колес.** Проверяют этот параметр (при установке колес трактора для прямолинейного движения) замером расстояния между передними колесами спереди и сзади на уровне их центров. Наиболее достоверен замер, выполненный между специально помеченными местами колес, в том случае, когда после первого замера трактор передвигают на 0,5 оборота переднего колеса и вновь определяют необходимое расстояние.

Регулируют сходимость изменением длины поперечной рулевой тяги. В случае, если тяга состоит из двух частей, то равномерно изменяют длину обеих частей вращением труб при опущенных контргайках наконечников.

Сходимость передних колес тракторов устанавливают в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

Самоходное шасси Т-16М. Сходимость направляющих колес регулируют удлинением или укорачиванием внутренней тяги, при этом разность расстояний между противоположными по диаметру точками ободьев колес спереди и сзади должна быть 2...6 мм.

Трактор Т-25А. Сходимость устанавливают удлинением или укорочением поперечной рулевой тяги. Расстояние между фланцами ступиц передних колес, замеренное по высоте ступиц спереди, должно быть на 1...3 мм меньше такого же расстояния между фланцами ступиц за балансиром.

Трактор ЮМЗ-6АМ. Для регулирования сходимости определяют число оборотов рулевого колеса из одного крайнего положения в другое и затем на половину полученного числа оборотов поворачивают рулевое колесо обратно от крайнего положения; вращением трубы поперечной и толкающей рулевых тяг устанавливают оба направляющих колеса в положение, параллельное продольной оси трактора. Далее на внутренней боковой поверхности передней части каждого направляющего колеса наносят мелом по одной точке на уровне оси вращения колеса и на расстоянии 350 мм от последней. Замеряют расстояние между точками, вращением трубы поперечной и толкающей рулевых тяг сводят каждое колесо на 2,5 мм внутрь замера. Перекатив трактор по прямой так, чтобы нанесенные мелом точки заняли диаметрально противоположные положения, вновь измеряют расстояние между ними. Если разность между первым и вторым замером будет находиться в пределах 8...12 мм, то затягивают контргайки толкающей и поперечной тяг.

Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82. Сходимость передних колес проверяют через каждые 500 моточасов (на тракторе МТЗ-82) и через 960 моточасов (на МТЗ-80), а также при каждом изменении колеи передних колес. Трактор располагают на ровной площадке. Поджатием щупа до упора и поворотом рулевого колеса устанавливают сошку в среднее положение с установкой щупа в положение, когда он максимально утоплен. Далее проверяют, чтобы корпуса конических пар (МТЗ-82) или поворотные кулаки (МТЗ-80) были выдвинуты на одинаковую длину соответственно из корпуса переднего моста и трубы передней оси. Отпуская контргайки и вращая левые и правые трубы, устанавливают такую длину рулевых тяг, чтобы расстояние между шаровыми пальцами было одинаковым; замеряют расстояние между внутренними закраинами ободьев колес впереди (на высоте центров колес) и делают отметки в местах замера. Передвигая трактор вперед до тех пор, пока метки не будут сзади на той же высоте, замеряют расстояние между отмеченными точками. Если разница между вторым и первым замером составляет 4...8 мм, регулировку заканчивают; трубы рулевых тяг законтривают после окончательной регулировки колес. При необходимости может быть

еще проведена регулировка сходимости изменением длины рулевых тяг (одинаковым изменением длины левой и правой тяг).

Тракторы МТЗ-100 и МТЗ-102. Сходимость колес регулируют в такой же последовательности, что и на МТЗ-80 и МТЗ-82.

**Проверка и регулировка осевого зазора в подшипниках передних колес.** Технология проведения данной регулировки для всех тракторов практически одинакова. Перед началом регулировки передние колеса поднимают домкратом, подставленным под балансир. После этого колесо необходимо покачать в направлении, перпендикулярном плоскости вращения. Если зазор превышает допустимое значение, его регулируют. Для этого отвертывают болты и снимают колпак (крышку), расшплинтовывают гайку оси цапфы и затягивают ее до появления повышенного сопротивления вращению колеса, гайку отворачивают до совпадения прорези оси с отверстием под шплинт в цапфе и в этом положении ее зашплинтовывают, после чего проверяют легкость вращения колеса и в случае, если осевой зазор не превышает допустимого, колпак закрывают и колесо опускают. Предварительно колпак обязательно заполняют смазкой. Если после небольшого пробега заметного нагрева ступицы не наблюдается, то зазор установлен правильно. В противном случае регулировку повторяют.

**Регулировка осевого зазора в подшипниках задних колес.** Если при перемещении колеса в осевом направлении не наблюдается его свободного проворачивания без заметной осевой качки, то возникает необходимость в проведении регулировки зазора в конических роликовых подшипниках (табл. 17).

Трактор Т-25А. Регулируют зазор в такой последовательности:

- домкратом поднимают заднее колесо трактора до отрыва от грунта;

- отворачивают все гайки крепления диска поднятого колеса и меняют его;

- выворачивают болты и снимают крышку;

- вынимают из оси колеса шплинт и снимают прорезную гайку;

- вворачивают во фланец стакана два съемных болта, равномерно ввинчивая их во фланец. После выхода стакана с подшипником из корпуса на 2...3 мм вывинчивают оба болта;

- подкладывают под фланец сверху и снизу стакана столько парных пластин регулировочных прокладок (из ЗИПа), чтобы в допустимых пределах был обеспечен осевой зазор в подшипниках. Следует иметь в виду, что парные половины пластин должны иметь одинаковую толщину, а отверстия в пластинах — совпадать с отверстиями во фланце. Сверху и снизу толщина набора должна быть одинаковой;

- устанавливают болты крепления стакана, навворачивают прорезную гайку на ось колеса и затягивают болты и гайку;



## 17. Сведения о применении подшипников качения в ходовых системах колесных тракторов

Место установки	Подшипник		Трактор, самоходное шасси								
	тип	обозначение	T-16M	T-25A	T-40M	ЮМЗ-6АМ	MT3-80	MT3-82	MT3-100 MT3-102	T-150K	K-701
Передний мост	Шариковый радиально-упорный одно- рядный (45 × 73 × 20)	8209	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	Роликовый конический (35 × 80 × 33)	7607A	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	Роликовый конический (25 × 62 × 18,5)	7305	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	Шариковый упорный одинарный (40 × 68 × 19)	8208	-	-	-	-	4	-	-	-	-
Бортовая передача	Шариковый радиальный однорядный (45 × 100 × 25)	309K	2	2	-	-	-	-	-	-	-
	Шариковый радиальный однорядный с защитной шайбой (45 × 100 × 25)	60309K	2	2	-	-	-	-	-	-	-
	Роликовый конический (40 × 90 × 35,5)	7608K4	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	Роликовый конический (60 × 110 × 30)	7512K4	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Передние колеса	Роликовый конический однорядный (30 × 72 × 29)	7606K4	-	-	-	-	2	-	-	-	-
	Роликовый конический (25 × 62 × 17)	7305	-	2	-	-	-	-	-	-	-
	Роликовый конический однорядный (40 × 90 × 35,5)	7608A1	-	-	-	-	-	-	2(MT3-100)	-	-
	Роликовый конический однорядный (40 × 90 × 35,5)	7608K4	-	-	-	-	2	-	-	-	-
	Роликовый конический однорядный (45 × 100 × 38,25)	7609A	-	-	-	-	-	-	2(MT3-100)	-	-





- проверяют зазор в подшипниках, перемещая ось за фланец, свободно поворачивая ось рукой;
  - выворачивают болты крепления стакана, зашплинтовывают прорезную гайку, закрепляют крышку;
  - устанавливают, закрепляют и опускают колесо на грунт.
- Трактор Т-150К. Для выполнения регулировки колесо поддомкрачивают, повернув редуктор так, чтобы пробка заняла нижнее положение. Далее проделывают следующее:
- сливают масло из картера редуктора;
  - отвинчивают гайки и снимают водило с сателлитами;
  - вынимают солнечную шестерню с полуосью;
  - отвинчивают контргайку и снимают стопорную шайбу;
  - затягивают гайку так, чтобы получился необходимый натяг, колесо при этом необходимо поворачивать в обоих направлениях, чтобы ролики равномерно расположились по коническим поверхностям колец;
  - регулируют каток в подшипниках так, чтобы момент сопротивления вращения корпуса редуктора был равен 24...40 Н·см (240...400 кгс·см) на диаметре расположения шпилек крепления колеса;
  - контролируют затяжку подшипников ручными пружинными весами. Зацепив крючок пружинных весов за шпильку крепления ведущего колеса, воздействуя на другой конец весов, плавно поворачивают корпус. Показания весов при этом должны быть в пределах 11,6...19,2 кг;
  - надевают стопорную шайбу так, чтобы штифт регулировочной гайки вошел в одно из отверстий шайбы;
  - затягивают контргайку и проверяют правильность регулировки;
  - собирают узел в обратном порядке, обращая внимание при этом на то, чтобы сливные отверстия в корпусе, водиле и прокладке совпали.

### 4.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ГУСЕНИЧНЫХ ТРАКТОРОВ

**Основные сведения.** Ходовые системы гусеничных тракторов достаточно сложны по своим конструкциям (см. главу 3 и табл. 18).

Трактор Т-70С. Важное условие обеспечения нормальной работы ходовой системы — периодическая проверка затяжки всех болтов и гаек. Особенно это относится к креплению трубы передней и задней подвесок к полураме и промежуточным корпусам конечных передач, клиновым соединениям пальцев передней подвески, креплению поддерживающих роликов к остоу трактора, направляющим и ведущим колесам.

Следует иметь в виду, что шарниры подвески от попадания грязи защищены торцевым уплотнением, состоящим из резиновых и стальных колец. В торцах пальца подвески закрыты

## 18. Основные данные по ходовой части сельскохозяйственных гусеничных тракторов

Показатель	Трактор				
	Т-70С	ДТ-75МВ	Т-150	Т-4А	
Остов трактора	Полурамный		Рамный		
Тип подвески	Торсионная, на жестком опорном механизме с четырьмя поперечно расположенными по бортам круглыми торсионами (по два спереди и сзади); передняя подвеска балансирующая		Балансирная, упругая, две каретки с каждой стороны трактора	Балансирная, упругая, по две каретки на борт, каждая — с двумя осями качания	Полужесткая, с поперечной рессорой
Колея трактора	1350	1330	1435	1384	
Длина опорной поверхности гусеницы, мм	1216	1216	1800	2460	
Агротехнический просвет, мм	460	296	300	333	
Ширина гусеницы, мм	200 и 300	390	390	420	
Шаг гусеницы, мм	176	170	170	176	

Показатель	Трактор			Т-4А
	Т-70С	ДТ-75МВ	Т-150	
Число звеньев гусеницы	33	42(43)*	47	42
Тип зацепления гусеницы со звездочкой		Цевочный		
Удельное давление на почву, МПа	0,09** ; 0,06	0,051	0,055	0,04
Тип натяжного механизма	Винтовой с пружинным амортизатором	Винтовой с пружинным амортизатором	Гидравлический натяжной цилиндр с пружинным амортизатором	Винтовой с защитной резьбой и пружинным амортизатором
Опорные катки	Двухребордные, по пять катков на тележке	Четыре катка в катке, по две каретки на сторону	Четыре катка в катке, по две на сторону	Шесть катков в тележке
Поддерживающие ролики	Консольные, двухребордные, по одному на борт	Два на сторону	Два на сторону с резиновыми бандажами	Два на сторону
Нормальное провисание гусеницы, мм	30...50	30...50	40...60	20...30

\* Одно звено добавляют в каждую гусеницу на период первых 30 ч работы трактора с последующим его снятием и хранением в индивидуальном комплекте.

\*\* При ширине гусеницы 200 мм.

заглушками, полости которых заполнены консистентной смазкой. В случае, если палец в процессе эксплуатации изнашивается с одной стороны, то его можно перевернуть на  $180^\circ$  неизношенной стороной.

Чтобы движитель нормально работал, с каждой стороны трактора размер между торцами внутреннего обода заднего катка и звездочки должен быть больше размера между торцами наружного обода заднего катка и звездочки на 6...8 мм.

В случае, если отмечен значительный и неравномерный износ ободов опорных катков (диаметр наименьшего —  $210 \pm \pm 2$  мм, а разность диаметров с другими катками — более 6 мм), наиболее изношенные катки с поддерживающими роликами необходимо поменять, а оставшиеся катки расположить в порядке убывания диаметров от вновь установленного в направлении, обратном износу.

При необходимости запрессовки оси катка для исключения задиров сопряжение поверхности необходимо смазать маслом. Кроме того, одно из сверлений в оси катка должно быть расположено у нижней стенки продольной балки. В случае выпрессовки оси катка, при необходимости ее замены опоры для балки во избежание нарушения сварного шва и ее деформации следует расположить на торце вваренной втулки.

При работе с амортизирующими устройствами направляющих колес в целях безопасности их необходимо разбирать под прессом усилием не менее 50 кН.

Уровень смазки в полостях подшипников направляющих колес должен быть несколько выше нижней кромки резьбового отверстия под пробку в оси направляющего колеса.

В случае износа втулок оси качения рычага их необходимо перепрессовать для работы неизношенной стороной или заменить новыми.

При эксплуатации гусеничных цепей следует иметь в виду, что звено шириной 200 мм выполнено со сменными разрезными втулками, которые в процессе эксплуатации следует перевернуть на  $180^\circ$  для работы их неизношенной стороной. На соединяющих пальцах с одной стороны имеется головка, а с другой — проточка для стопорной скобы. Пальцы звена гусеницы шириной 300 мм (не имеющей сменных втулок) стопорят с одной стороны шплинтом, с другой стороны имеется головка.

Увеличение срока службы и обеспечение ремонтпригодности втулочной гусеницы шириной 200 мм может быть обеспечено, если в процессе эксплуатации износ втулки до толщины стенки будет менее 1,5 мм. Причем контролировать его можно по увеличению шага гусеницы, первоначально равного 176 мм. При работе с шагом, превышающим 134...185 мм, детали интенсивно изнашиваются и ходовая часть выходит из строя.

При износе пальцев на 3...3,5 мм по диаметру (что соответствует увеличению шага гусеницы до 184...186 мм) для пре-

дупреждения быстрого изнашивания проушин звена гусеницы шириной 300 мм их заменяют новым комплектом. Второй комплект пальцев работает до шага 186...188 мм, третий — до шага 188...190 мм.

При одевании гусеничных цепей на трактор необходимо, чтобы звено на нижней ветви располагалось стороной с двумя проушинами (для гусеницы шириной 200 мм) или тремя (для гусеницы 300 мм) в сторону движения трактора вперед. Головки пальцев при этом должны быть снаружи трактора.

Важное условие работоспособного состояния ходовых систем — поддержание в установленных пределах их регулировочных параметров.

**Трактор ДТ-75МВ.** В процессе эксплуатации надо постоянно контролировать работу кареток подвески, направляющих колес, поддерживающих роликов, а также необходимо своевременно смазывать и регулировать осевой зазор подшипников опорных катков и направляющих колес, подтягивать все крепления, ликвидировать утечки масла через уплотнения и пробки. При длительных стоянках тракторов (более месяца) нужно очищать шарниры от грязи, промывать и смазывать их трансмиссионным маслом. В случае, если каретки снимали с цапф для разборки, перед установкой их очищают. Втулки также очищают и смазывают трансмиссионным маслом. При обнаружении заметной разницы в износе ободьев опорных катков задние и передние каретки подвески переставляют местами по перекрестной схеме, т. е. переднюю левую каретку — на место задней правой, заднюю правую — на место передней левой, переднюю правую — на место левой задней, а заднюю левую — на место передней правой. Эти операции обеспечат равномерный износ ободьев опорных катков и надежное вращение поддерживающих роликов в холодное время года. Проверить вращение можно, приподняв ломиком верхнюю ветвь гусеничной цепи. При невращающихся поддерживающих роликах трогать трактор с места не рекомендуется.

Для предупреждения преждевременной выбравки гусеничных цепей и ведущего колеса необходимо:

- устанавливать гусеничные цепи на трактор так, чтобы при движении вперед опорные катки накатывались на звенья со стороны проушин, а зубья ведущих колес давили на цевки снаружи со стороны тройных проушин;

- поддерживать стрелу провисания верхнего участка гусеничной цепи между поддерживающими роликами в пределах 30...50 мм (если это условие невозможно выполнить с помощью механизма натяжения, то из каждой цепи удаляют звено);

- обеспечивать прямолинейность движения трактора (нарушенную вследствие неодинакового удлинения правой и левой гусеничных цепей и разницы в длине участка в 10 звень-



ев — 10 мм) следует при очередной замене пальцев, поменяв местами гусеничные цепи с сохранением толкающего зацепления и положения головок пальцев с наружной стороны гусеничной цепи. При значительном одностороннем износе зубьев ведущих колес (до 17 мм) правое колесо следует переставить на левую сторону трактора, а левое на правую.

Не следует эксплуатировать трактор с погнутыми коленчатыми осями направляющих колес и сильноизношенными втулками опоры оси в раме (вследствие перекосов направляющих колес реборды звеньев набегают на обод колеса и может произойти сброс гусениц).

Последующие натяжения гусениц могут быть облегчены, если при предшествующем натяжении резьбу натяжного болта густо смазать солидолом.

**Трактор Т-150.** В процессе эксплуатации необходимо контролировать уровень масла в емкостях ходовой системы и натяжение гусеничных цепей.

При обнаружении износа цапфы каретки с одной стороны их поворачивают (вместе с кронштейнами) на 180°, тем самым обеспечивая работу неизношенной стороной.

Необходимо осматривать бандажи поддерживающих роликов. Посторонние предметы, внедрившиеся в резину, удаляют. При появлении утечек из гидроамортизатора его снимают и устраняют неисправность.

**Регулировка натяжного устройства гусеницы** осуществляется с помощью гайки или регулировочного фланца, накрученного на винт натяжного приспособления. Надо учитывать тот факт, что если длина пружины увеличивается, то она становится менее жесткой, и наоборот. Длину пружины замеряют линейкой.

**Регулировка натяжения гусеницы** начинается с установки трактора на ровную площадку.

**Трактор Т-70С.** Натяжение гусеницы регулируют вращением корпуса амортизатора за приваренные к нему скобы. При этом шток выходит из передней крышки корпуса, направляющее колесо перемещается вперед и натягивает цепь. После натяжения гусеницы корпус амортизатора конрят двумя стяжными болтами, под головки которых устанавливают чистик для очистки резьбы штока от грязи. Для обеспечения поджатия резинового уплотнительного кольца, установленного между торцами контргайки и передней крышкой корпуса амортизатора, необходимо выдержать зазор между указанными торцами в пределах 2...3 мм. Если рычаг направляющего колеса доходит до упора на тележке и цепь не натягивается вращением корпуса амортизатора, то следует уменьшить число звеньев на одно.

**Трактор ДТ-75М.** Гусеницы натягивают следующим образом. Отпускают контргайку регулировочной гайки, установленной в упорном яблоке, и, отворачивая регулировочную гайку, подают коленчатую ось вперед. Если коленчатая ось на-

правляющего колеса, установленная в крайнее положение, не позволяет натянуть гусеничную цепь до нормального провисания (30...50 мм), то ее разъединяют и из нее удаляют одно звено с пальцем. Крайнее переднее положение достигается при полном заходе резьбового конца натяжного болта в сферическую поверхность кронштейна.

**Трактор Т-150.** Натяжение гусеницы регулируют с помощью гидравлического натяжителя, корпус которого через промежуточное звено соединен с пружинным амортизатором. Это обеспечивает необходимое предварительное усилие в амортизаторе (при меньших габаритах пружин) за счет соответствующего передаточного отношения всей системы. Подачей солидола рычажно-плунжерным шприцем через заправочную масленку в рабочую полость цилиндра регулируют натяжение гусеницы по мере ее износа.

В цилиндре создается давление, действующее через шток на коленчатую ось, которая, проворачиваясь, перемещает направляющее колесо вперед и обеспечивает нужное натяжение гусеничной цепи. Для ослабления натяжения вывинчивают корпус клапана в головке цилиндра и выпускают необходимое количество солидола из рабочей полости. Для того чтобы ограничить максимальное усилие, возникающее в гусеничном ободе, предусмотрен пластинчатый предохранительный клапан. При больших и резких перегрузках ходовой системы клапан разрывается и выпускает смазку из цилиндра. Затем клапан заменяют новым.

**Трактор Т-4А.** Для проведения регулировки отпускают гайки стяжных болтов вилки направляющего колеса. Вращением винта механизма натяжения регулируют натяжение гусеницы, применяя при этом ключ с удлинителем. После регулировки гайки затягивают и проверяют натяжение гусеницы. Аналогичные операции проводят и со второй гусеницей. Гусеница должна провисать не более чем на 50 мм. В случае, когда расстояние от вилки направляющего колеса до колпачка уплотнения регулировочного винта достигло 160 мм, гусеницу укорачивают на одно звено.

**Регулировка подшипников направляющего колеса гусеничных тракторов (табл. 19).**

**Тракторы Т-150 и ДТ-75М.** Для этой регулировки необходимо отвернуть болты и снять колпак ступицы, затем отогнуть замковую шайбу и отвернуть контргайку. Регулировочную гайку после подтягивания ее до затрудненного вращения колеса отпускают на одну-две грани. Добившись легкого вращения колеса (без заметной качки), гайку закрепляют контргайкой. После этого устанавливают на место колпак, предварительно заполнив его смазкой.

**Трактор Т-4А.** Зазор регулируют изменением числа прокладок между упорной шайбой и направляющим колесом. Для предупреждения смещения колеса прокладки вынимают одно-

## 19. Сведения о применении подшипников качения в ходовых системах гусеничных тракторов

Место установки	Подшипник		Трактор			
	тип	обозначение	T-70C	DT-75MB	T-150	T-4A
Бортовая передача	Шариковый радиальный одиорядный (85 × 150 × 41)	217	2	—	—	—
	Роликовый радиальный (75 × 130 × 25)	42215	6	—	—	—
	Роликовый радиальный (60 × 130 × 31)	42312K	2	—	—	—
	Роликовый радиальный (55 × 120 × 29)	12311	2	—	—	—
	Шариковый радиальный однорядный (60 × 150 × 35)	412	2	—	—	—
	Роликовый радиальный (65 × 110 × 28)	42613	2	—	—	—
Направляющее колесо с амортизатором	Роликовый конический (55 × 100 × 27)	7511	4	—	—	—
Направляющее колесо без амортизатора	Роликовый конический (65 × 120 × 32)	7311K	—	2	2	—
	Роликовый конический (65 × 120 × 33)	7513K	—	2	—	—
	То же	7513	—	—	2	—
	Роликовый радиальный с длинными цилиндрическими роликами (нестандартный) 60 × 120 × 60	954712K1	—	—	—	4
Тележка с катками	Роликовый конический (55 × 100 × 27)	7511	20	—	—	—
	Роликовый конический (47 × 100 × 43)	7904M	—	16	—	—

Место установки	Подшипник		Трактор			
	тип	обозначение	T-70C	ДТ-75МВ	T-150	T-4A
Поддерживающий ролик	Роликовый конический (55 × 100 × 27)	7511	4	—	—	—
	Шариковый радиальный однорядный (45 × 100 × 25)	0—309	—	4	4	—
	Шариковый радиальный однорядный (35 × 100 × 25)	407К	—	4	4(407)	—
Конечная передача	Шариковый однорядный (65 × 160 × 37)	413	—	2	—	—
	Роликовый радиальный (90 × 190 × 43)	32318KM	—	2	—	—
	Роликовый радиальный (75 × 160 × 37)	32315KM	—	2	—	—
	Роликовый радиальный (70 × 150 × 35/45)	62314KM	—	2	—	—
	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами (75 × 160 × 37)	62315KM	—	—	—	2
	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами (90 × 190 × 43)	2318KM	—	—	—	2
Ось опорного катка	Роликоподшипник конический (47 × 100 × 43)	7909K1	—	—	16	—
	Роликовый радиальный с длинными цилиндрическими роликами, нестан- дартный (60 × 120 × 60)	954712K1	—	—	—	24
	Шариковый радиальный однорядный (45 × 100 × 25)	309К	—	—	—	8
Ось ведущего колеса	Роликовый конический однорядный (95 × 170 × 46)	7519СФ	—	—	—	4

временно с обеих сторон. При регулировке осевого перемещения колесо необходимо снять.

**Регулировка подшипников опорных катков** аналогична.

**Трактор Т-70С.** Подшипники регулируют с помощью прокладок. Правильно отрегулированный каток должен свободно проворачиваться на оси и не иметь заметного зазора. После регулировки комплект обойм на оси катка затягивают.

**Тракторы Т-150 и ДТ-75.** Для определения осевого зазора в роликовых подшипниках между катком и балансиром устанавливают ломик и передвигают каток. Для проведения регулировки снимают каретку, отвинчивают гайки и с помощью съемника снимают катки с осей. Отвинчивают болты, крепящие корпуса уплотнений, снимают их и без разборки промывают в чистом дизельном топливе, удаляют необходимое число регулировочных прокладок. После установки корпуса уплотнения на место и завинчивания болтов ударяют несколько раз медным молотком по концам оси и, не проворачивая, нажимают на нее с одной и другой стороны. При правильно отрегулированных подшипниках осевого зазора не должно быть, а ось должна вращаться от небольшого усилия. При тугом вращении добавляют по одной-две прокладки с обеих сторон и снова проверяют осевой зазор. По окончании регулировки каток напрессовывают на ось, завинчивают гайку крепления, стопорят ее замковой шайбой и устанавливают каретку на трактор.

**Трактор Т-4А.** Осевое перемещение катка регулируют прокладками, от числа которых и зависит зазор между упорными кольцами и шайбой. Извлекают прокладки при снятом катке, после чего каток собирают и проверяют легкость его вращения и продольное перемещение. При удовлетворительных показателях каток устанавливают на место.

**Регулировка осевого перемещения кареток** рассмотрена здесь на примере трактора ДТ-75М.

Осевое перемещение кареток регулируют при полном освобождении их пружин. Для изменения зазора меняют прокладку под крышкой каретки на прокладку меньшей толщины.

#### **4.4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

**Система технического обслуживания** тракторов, представляющая собой комплекс планомерно осуществляемых организационных и технических мероприятий по контролю технического состояния, очистке, заправке, креплению и регулировке узлов, носит планово-предупредительный характер.

Установлены следующие виды технического обслуживания тракторов:

- при подготовке к эксплуатационной обкатке;
- при эксплуатационной обкатке;
- по окончании эксплуатационной обкатки;

- ежесменное техническое обслуживание (ЕТО);
- первое техническое обслуживание (ТО-1);
- второе техническое обслуживание (ТО-2);
- третье техническое обслуживание (ТО-3);
- техническое обслуживание при переходе к весенне-летнему сезону эксплуатации (СТО-ВЛ);
- техническое обслуживание при переходе к осенне-зимнему сезону эксплуатации (СТО-ОЗ);
- техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации (песчаные, каменные, болотистые почвы, пустыни, а также при низких или высоких температурах);
- техническое обслуживание при хранении.

Практически при каждом виде ТО трактора требуется выполнение тех или иных операций по обслуживанию ходовых систем.

**Периодичность технического обслуживания** установлена следующая: ЕТО — через 8 моточасов работы; ТО-1 — через 60; ТО-2 — 240; ТО-3 — 960 моточасов. Для тракторов, решение о постановке на производство которых принято после 1 января 1982 г., установлена новая периодичность обслуживания: ТО-1 — через 125; ТО-2 — 500, ТО-3 — 1000 моточасов. Вместе с тем допускается отклонение в пределах 10% от установленной периодичности технического обслуживания. ГОСТ 20793—81 предусмотрена однотипная технология технического обслуживания для всех видов тракторов и самоходных шасси.

**Диагностирование.** При проведении ТО тракторов и, в частности, его ходовых систем, проводят также их диагностирование для определения действительной потребности в производстве работ, являющихся необязательными при каждом виде технического обслуживания. В частности, к диагностическим операциям относят контроль механизмов управления трактором; проверку и регулировку: подшипников конечных передач направляющих колес и опорных катков; осевого перемещения катков подвески; подшипников передних колес; сходимости и наибольших углов поворота передних колес.

**Содержание операций технического обслуживания тракторов** приведено в таблице 20, а в таблицах 21 и 22 — перечень заправок емкостей и марки применяемых масел.

**Обкатка.** Перед пуском в работу каждый новый или вышедший из ремонта трактор должен пройти обкатку, в процессе которой детали ходовой системы прирабатываются. При подготовке к обкатке ходовую систему очищают, проверяют и подтягивают все крепления и смазывают в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

**Техническое обслуживание шин.** Наряду с выполнением операций технического обслуживания, приведенных в таблице 20, существуют также требования по техническому обслуживанию шин.

## 20. Содержание операций технического обслуживания ходовых систем сельскохозяйственных тракторов основных марок

Операция технического обслуживания	Трактор и самоходное шасси												
	Т-16М	Т-25А	Т-40М и Т-40АМ	ЮМЗ-6АЛ и ЮМЗ-6АМ	МТЗ-80	МТЗ-82 МТЗ-82Л	МТЗ-100	Т-150К	К-700	К-701	Т-70С	ДТ-75 и ДТ-75МВ	Т-150

*Техническое обслуживание перед эксплуатационной обкаткой*

Осмотр и очистка ходовой системы				+	+	+		+			+		+	+
Удаление консистентной смазки				+				+			+		+	+
Проверка уровня (и при необходимости долив) масла:														
в колесных редукторах								+						
в корпусах конечных передач											+		+	+
в полости направляющих колес											+		+	+
в полости поддерживающих роликов											+		+	+
в гидроамортизаторах													+	
в продольных балках тележек											+			
в подшипниках опорных катков													+	+
Смазывание:														
валов разжимных кулаков								+						
втулок рычагов направляющих колес											+			
втулок рычагов задней подвески											+			
осей направляющих колес													+	
подшипников раскосов гусеничных тележек														+
Проверка и при необходимости регулировка:														
давления воздуха	+			+	+	+		+						
натяжения гусеничных цепей											+		+	+
тормозов колес								+						

Операция технического обслуживания	Трактор и самоходное шасси													
	T-16M	T-25A	T-40M и T-40AM	ЮМЗ-6АЛ и ЮМЗ-6АМ	МТЗ-80	МТЗ-82 МТЗ-82Л	МТЗ-100	T-150К	К-700	К-701	T-70С	ДТ-75 и ДТ-75МВ	T-150	T-4A
Проверка и при необходимости подтяжка наружных резьбовых и других соединений	+							+			+			+
<i>По окончании эксплуатационной обкатки</i>														
Прослушивание работы составных частей				+				+		+				
Осмотр и очистка								+		+				+
Замена масла:														
в корпусах конечных передач														
в колесных редукторах					+	+								
Проверка уровня и при необходимости доливка масла:														
в колесные редукторы								+						
в полости направляющих колес														+
в полости поддерживающих роликов														+
в продольные балки тележек														+
Проверка и при необходимости регулировка:														
натяжения гусеничных цепей														+
давления воздуха в шинах	+							+						
Смазывание:														
втулок рычагов направляющих колес														+
втулок рычагов задней подвески														+
Проверка и при необходимости подтяжка резьбовых и других соединений, в том числе:														
корпусов конечных передач, крепления подвески, направляющих и ведущих колес	+			+	+	+		+						+
поддерживающих роликов														+
<i>Первое техническое обслуживание</i>														
Проверка уровня масла и при необходимости долив:														
в конечные передачи														+
в опорные катки														+
в направляющие колеса														+
в поддерживающие ролики														+
Осмотр и очистка	+			+	+	+		+			+	+	+	+
Проверка и при необходимости регулировка:														
натяжения гусеничных цепей														+
давления воздуха в шинах колес	+			+	+	+		+						+
Проверка надежности крепления грузов, дисков и ступиц колес	+													
Контроль уровня масла и при необходимости его доливка:														
в подшипники поддерживающих роликов														+
в подшипники направляющих колес														+
в подшипники опорных катков														+
в цапфы кареток подвески														+
<i>Второе техническое обслуживание</i>														
Осмотр и очистка	+			+	+	+		+			+	+	+	+
Проверка и при необходимости регулировка:														
сходимости передних колес								+						
натяжения гусеничных цепей												+	+	+
давления воздуха в шинах колес	+			+	+	+		+						+





Операция технического обслуживания	Трактор и самоходное шасси													
	Т-16М	Т-25А	Т-40М и Т-40АМ	ЮМЗ-6АЛ и ЮМЗ-6АМ	МТЗ-80	МТЗ-82 МТЗ-82Л	МТЗ-100	Т-150К	К-700	К-701	Т-70С	ДТ-75 и ДТ-75МВ	Т-150	Т-4А
Проверка и при необходимости подтяжка наружных резьбовых и других соединений, в том числе: корпусов конечных передач крепления подвески, направленных ведущих колес и поддерживающих роликов крепления ступиц задних колес	+			+				+				+		+
Проверка уровня и при необходимости долив масла: в колесные редукторы					+	+								
в подшипники раскосов гусеничных тележек								+						+
в полости поддерживающих роликов												+	+	+
в полости направляющих колес												+	+	+
в подшипники опорных катков													+	+
в гидроамортизаторы													+	+
Смазывание: втулок рычагов направляющих колес												+		
втулок рычагов задней подвески												+		
валов разжимных кулаков														
подшипников передних колес				+										
цапф кареток подвески													+	
<i>Третье техническое обслуживание</i>														
Осмотр и очистка	+			+	+	+		+				+	+	+
Проверка и при необходимости регулировка: подшипников колесных редукторов														+
положения промежуточного звена гидронатяжителя гусеницы, устранив зазор между его упором и упором на раме														
подшипников направляющих колес, опорных катков и поддерживающих роликов													+	+
зазоров в подшипниках конечных передач														+
положения рычагов передней и задней подвески, размера колеи, осевых зазоров рычагов подвески и рычагов направляющих колес														
сходности передних колес				+										
состояния гусеничных цепей и ведущих колес, при необходимости замена местами ведущих колес, регулировка натяжения гусеничных цепей													+	+
осевого зазора подшипников ступиц колес														
давления воздуха в шинах колес				+		+		+						
Проверка и при необходимости подтяжка наружных резьбовых и других соединений, в том числе: корпусов конечных передач, крепления подвески направляющих ведущих колес и поддерживающих роликов ступиц задних колес	+		+					+				+		+
Замена масла: в подшипниках опорных катков														+
в корпусах конечных передач														+
в полостях направляющих колес													+	+
в полостях поддерживающих роликов													+	+
в продольных балках тележек													+	+
в колесных редукторах								+						



Операция технического обслуживания	Трактор и самоходное шасси													
	Т-16М	Т-25А	Т-40М и Т-40АМ	ЮМЗ-6АЛ и ЮМЗ-6АМ	МТЗ-80	МТЗ-82 МТЗ-82Л	МТЗ-100	Т-150К	К-700	К-701	Т-70С	ДТ-75 и ДТ-75МВ	Т-150	Т-4А
Проверка уровня и при необходимости доливка масла:														
в продольные балки тележек												+		
в ступицы передних колес					+									
в опорные катки													+	+
в направляющие колеса													+	+
в поддерживающие ролики														+
в цапфы балансиров														+
в гидроамортизаторы														+
в конечные передачи												+		+
Смазывание:														
валов разжимных кулаков									+					
втулок рычагов направляющих колес											+			
втулок рычагов задней подвески											+			
подшипников раскосов гусеничных тележек														+
подшипников передних колес					+									
осей направляющих колес														+
Проверка в движении работоспособности составных частей трактора					+						+			
<i>Дополнительные операции, выполняемые через одно ТО-3</i>														
Замена масла:														
в опорных катках														+
в направляющих колесах														+
в поддерживающих роликах														+
в цапфах балансиров														+
Замена при необходимости местами задних кареток														+
<i>Сезонное техническое обслуживание при переходе к эксплуатации в осенне-зимних условиях</i>														
Замена масла летних сортов на масло зимних сортов:														
в подшипниках опорных катков														+
в корпусах конечных передач												+		
в подшипниках поддерживающих катков														+
в подшипниках направляющих колес														+
в корпусах верхних и нижних конических пар колесных редукторов						+	+							
Замена всесезонного масла:														
в конечных передачах														+
в подшипниках направляющих колес														+
в подшипниках поддерживающих роликов														+
в подшипниках опорных катков и цапфах кареток подвески														+
<i>Сезонное техническое обслуживание при переходе к эксплуатации в весенне-летних условиях</i>														
Замена масла зимних сортов на летние сорта:														
в корпусах конечных передач												+		
в корпусах верхних и нижних конических пар						+	+							



Операция технического обслуживания	Трактор и самоходное шасси												
	T-16M	T-25A	T-40M и T-40AM	ЮМЗ-6АЛ и ЮМЗ-6АМ	MT3-80	MT3-82 MT3-82Л	MT3-100	T-150K	K-700	K-701	T-70C	ДТ-75 и ДТ-75MB	T-150

*Техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации (в условиях температуры окружающей среды ниже -30°C)*

Добавление одной части веретенного масла АУ на две части применяемого зимнего масла:

в колесные редукторы								+						
в опорные катки														+
в направляющие колеса														+
в поддерживающие ролики														+
в цапфы балансиров														+

*Техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации (в условиях пустыни и на песчаных почвах, при повышенной температуре и запыленности воздуха)*

Заправка агрегатов ходовой системы только закрытым способом								+						
---	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--

*Техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации (в условиях болотистых почв и при работе в глубокой грязи)*

Ежесменная проверка и при необходимости очистка наружных поверхностей								+						+
После периода осенне-весенних заморозков														

После работы трактора в глубокой грязи тщательная очистка и промывка тормозных барабанов и пневмокамер								+						
Смазывание сопрягаемых поверхностей осей колодок тормозов и разжимных кулаков								+						

*Техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации (при работе трактора на каменистом грунте)*

Ежесменный наружный осмотр отсутствия повреждений ходовой системы	+							+						+
---	---	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---

*Техническое обслуживание при кратковременном хранении*

При подготовке к хранению — ослабление натяжения гусениц														+
При снятии с хранения — регулировка натяжения гусениц														+

*Техническое обслуживание при длительном хранении в закрытом помещении и под навесом*

При подготовке к хранению — ослабление натяжения гусениц														+
При снятии с хранения — регулировка натяжения гусениц														+

## 21. Сведения о заправочных емкостях ходовых систем гусеничных тракторов и марках применяемых масел

Места заправки и точки смазывания	Марки масел (объем) для тракторов			
	T-70C	ДТ-75MB	T-150	T-4A
Подшипники (ступицы) поддерживающих роликов	Трансмиссионное масло ТЭ-15-ЭФО или ТАп-15В (0,5 л)	Трансмиссионное масло ТАп-15В или ТЭп-15 (1,12 л)	Моторное масло (всесезонно), трансмиссионное масло (летом) (2 л)	Трансмиссионные масла ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10 для севера (1,6 л)
Подшипники (ступицы) направляющих колес	Трансмиссионное масло ТЭ-15-ЭФО или ТАп-15В (0,5 л)	Трансмиссионное масло ТАп-15В или ТЭп-15 (0,55 л)	Моторное масло, литол или трансмиссионное масло (1 л)	Трансмиссионное масло ТЭп-15, ТАп-15В или ТСп-10 для севера (0,8 л)



Места заправки и точки смазывания	Марки масел (объем) для тракторов			
	Т-70С	ДТ-75МВ	Т-150	Т-4А
Бортовые передачи	Трансмиссионное масло ТЭ-15-ЭФО или ТАп-15В (10,5 л)	—	—	—
Продольные балки тележек	Трансмиссионное масло — ТЭ-15-ЭФО или ТАп-15В (12,5 л)	—	—	—
Втулки рычагов направляющих колес	Консистентная смазка типа солидола или «солидол жировой» (60 гр)	—	—	—
Конечные передачи	—	Трансмиссионное масло ТАп-15В или ТЭп-15 (7,5 л)	Трансмиссионное масло (35 л)	Трансмиссионное масло ТЭп-15, ТАп-15В или ТСп-10 для севера (7 л)
Полости цапф кареток подвески	—	Трансмиссионное масло ТАп-15В или ТЭп-15 (1 л)	—	—
Полости осей (ступицы) опорных катков	—	Трансмиссионное масло ТАп-15В или ТЭп-15 (2,4 л)	Трансмиссионное масло (4 л)	Трансмиссионное масло ТЭп-15, ТАп-15В или ТСп-10 для севера (3,36 л)
Цапфы балансиров	—	Трансмиссионное масло ТАп-15 В (1,5 л)	Трансмиссионное масло (3,2 л)	—
Кривошипные направляющих колес	—	Литол-24 (1,2 кг)	Литол-24 (1 кг)	—
Гидромеханизм натяжения гусениц	—	—	Литол-24 (0,8 кг)	—
Гидроамортизаторы	—	—	Веретенное масло АУ, индустриальное масло И-12А или И-20А (1,8 л)	—

## 22. Сведения о заправочных емкостях ходовых систем колесных тракторов и марках применяемых масел

Места заправки и точки смазывания	Марки масел (объем) для тракторов и самоходного шасси				
	Т-16М	Т-25А и Т-25А3	Т-40М и Т-40АМ	МТЗ-80	МТЗ-100 и МТЗ-102
Подшипники ступиц передних колес	Солидол синтетический, солидол или Литол-24 (2 л)	—	Синтетический солидол или Питол-24	Литол-24	Литол-24
Бортовые (конечные) передачи	Трансмиссионное масло для коробки передач (2 л)	Трансмиссионное масло ТАп-15В или ТЭп-15 (1,5 л)	—	—	—
Ступицы переднего колеса	—	Смазка 1-13 или Литол-24 (0,2 л)	Синтетический солидол или Питол-24	Синтетический солидол или Питол-24	Солидол синтетический или Литол-24 (по 0,4 л)
Корпуса колесных редукторов	—	—	—	Трансмиссионное масло ТЭ-15-360, ТАп-15В или моторное масло М-12Г (по 2,3 л)	Трансмиссионное масло ТЭ-15-ЭФО (по 2,3 л)





В числе этих требований — обеспечение чистоты мест стоянок тракторов, а также отсутствие загрязнений этих мест нефтепродуктами и другими веществами, разрушающими резину. На обогреваемой стоянке трактор должен находиться на расстоянии не менее 1 м от приборов отопительных систем.

При стоянке трактора нужно выдерживать внутреннее давление воздуха в шинах, соответствующее установленным нормам. В случае длительного хранения (более 10 дней) тракторы устанавливают на специальные подставки, обеспечивающие вывешивание колес (разгружаются шины и элементы подвески). При этом давление в шинах может быть снижено на 20...30%. При более длительном хранении (несколько месяцев) шины проверяют и при необходимости подкачивают до нужного давления.

Если трактор установлен на подставки, то шины сохраняются и в зимний период даже при отсутствии складских помещений. Давление в шинах ведущих колес поддерживают при этом 0,07...0,08 МПа (0,7...0,8 кгс/см<sup>2</sup>), а в шинах направляющих колес — 0,14...0,15 МПа (1,4...1,5 кгс/см<sup>2</sup>). Для предотвращения прямого воздействия солнечных лучей и атмосферных воздействий шины смазывают специальными защитными составами или прикрывают светлыми чехлами из плотной ткани. В качестве защитных составов можно применять известковую побелку или мелоказеиновый состав.

Для наилучшего сохранения шин в процессе эксплуатации необходимо:

- начинать движение трактора плавно, чтобы шины не буксовали;
- при уходе трактора в сторону проверить, не снизилось ли давление в шинах;
- не работать и не допускать стоянки трактора на шинах с пониженным или повышенным внутренним давлением и не уменьшать давление воздуха в шинах, если оно увеличилось в результате нагрева при движении (в тракторных шинах после их нагрева давление повышается обычно на 0,02 МПа);
- во время остановок и при необходимости контролировать внутреннее давление в шинах;
- избегать чрезмерного буксования и скольжения (юза) колес;
- объезжать выбоины и ухабы, не наезжать на острые предметы, пни, камни, глыбы почвы, разбросанные части сельскохозяйственных орудий и т. д. (обнаруженные острые предметы следует выносить на край поля или на обочину дороги);
- не допускать перегрузки протектора шин;
- снижать скорость движения трактора на поворотах и разворотах, на дорогах, находящихся в неудовлетворительном состоянии и на переездах;
- пересекать железнодорожные пути только в местах, оборудованных для переезда, и не двигаться по шпалам;

- не допускать резкого торможения во избежание пятнистого износа шин;
- следить за технической исправностью узлов и деталей трактора, состояние которых влияет на интенсивность изнашивания шин (тормозная система, детали подвески колес, амортизаторы, рессоры, детали рулевого механизма и т. д.);
- не подъезжать к краям тротуаров вплотную, чтобы не повредить боковины покрышек и бескамерных шин;
- на остановках осматривать шины для обнаружения повреждений и мест утечек воздуха;
- вынимать застрявшие в шинах предметы;
- контролировать исправность вентиляей и наличие на них колпачков;
- проверять крепление колес и при необходимости подтягивать кренежные соединения;
- при ремонте шин в дорожно-полевых условиях пользоваться только аптечками. Камеры с непривулканизированными заплатками при возвращении к месту хранения и ремонта трактора сдать в ремонт;
- содержать в полном порядке шиномонтажный инструмент, домкрат, ручной насос и ручной манометр, аптечку для ремонта шин, упоры под колеса, подставки под мосты, средства противоскольжения;
- не загрязнять места передвижения, стоянки, технического обслуживания и текущего ремонта трактора нефтепродуктами и другими веществами, вызывающими порчу шин;
- не допускать подтекания тормозной жидкости и попадания на шины смазки;
- не протирать диски и другие элементы колес керосином или другими нефтепродуктами;
- избегать передвижения по участкам дорог, загрязненным нефтепродуктами, покрытым свежим, еще горячим асфальтом или разлитым гудроном;
- не включать без надобности передний ведущий мост;
- на горизонтальных участках дорог избегать движения методом разгон-накат;
- постоянно контролировать техническое состояние шин.

При неожиданном проколе шины необходимо немедленно остановить трактор, поддомкратить его со стороны неисправного колеса, демонтировать покрышку, заменить или отремонтировать камеру, собрать колесо и установить его на место. Езда на спущенных шинах при любых условиях категорически запрещается. Недопустима также стоянка трактора на спущенных шинах.

Техническому обслуживанию шин тракторов, транспортируемых с заводов-изготовителей в хозяйства или на уборку урожая в различные районы страны железнодорожным или водным транспортом, следует уделять особое внимание. На время перевозок давление в шинах ведущих колес тракторов

устанавливают на 0,05...0,07 МПа (0,5...0,7 кгс/см<sup>2</sup>) выше максимально допустимого с доведением его до нормы после снятия с железнодорожного или водного транспорта. При этом в шинах 720-665P(28,1R26) давление увеличивают на 0,11 МПа (1,1 кгс/см<sup>2</sup>). В шинах направляющих колес тракторов при транспортировании их железнодорожным транспортом и водным путем поддерживают максимально допустимое давление.

Для учета работы шин в хозяйствах заводят специальные карточки, в которых ежемесячно отдельно по каждой покрышке ведут учет их наработки. Нарботка шин ежемесячно оценивается количеством условных эталонных гектаров на всех видах транспортным и сельскохозяйственных работ с учетом переездов с участка на участок.

Карточка учета, заведенная на каждую покрышку, — основной документ, характеризующий работу шины при предъявлении рекламаций, сдаче ее на восстановительный и в местный ремонт, начислении механизаторам премий за сбережение шин, при списании в утиль и других случаях.

Покрышки и шины регистрируют в карточках учета по серийным номерам. При стирании серийных номеров в процессе эксплуатации и ремонта можно на боковинах шин выжечь гаражные номера высотой до 45 мм и глубиной не более 1 мм. В этих случаях шины регистрируют в карточках по гаражным номерам.

Выжигать на шинах типа Р и РС запрещается.

При сдаче шин на обезличенное восстановление после соответствующей отметки в карточке учета их работы закрывают. После возвращения шин в хозяйство из необезличенного ремонта учет их работы продолжается. Заполнение всех граф карточек учета обязательно.

## 4.5. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА

При эксплуатации и техническом обслуживании ходовых систем тракторов применяют различное оборудование и оснастку как обычного, так и специального назначения (табл. 23).

### 23. Оборудование и оснастка, применяемые при эксплуатации и техническом обслуживании ходовых систем тракторов

Оборудование и оснастка	Краткая техническая характеристика	Примечание
Аппарат для нанесения антикоррозионных смазок (ОЗ-9905)	Переносной; вместимость бачка — 0,5 м <sup>3</sup> ; габариты 260 × 220 × 100 мм; масса 2,5 кг	Для нанесения различных составов, в том числе вязких веществ и смазок, а также лакокрасочных покрытий для

Оборудование и оснастка	Краткая техническая характеристика	Примечание
Комплект оснастки мастера-наладчика (ОРГ-4999Л ГОСНИТИ)	Стационарный; число обслуживаемых тракторов в смену — три-четыре, занимаемая рабочая площадь — 80... 100 м <sup>2</sup> , масса — 900 кг	защиты оборудования и деталей машин от коррозии Для технического обслуживания тракторов на пунктах СТОТ, а также в центральных ремонтных мастерских колхозов и совхозов
Установка для смазывания и заправки (ОЗ-4967Е ГОСНИТИ)	Стационарная; габариты 3768 × 750 × 2055 мм; масса — 1200 кг	Для заправки картеров тракторов маслами, солидолом сбора отработанных масел, смазывания узлов трения машин и подкачки шин сжатым воздухом; для ПТО колхозов и совхозов (при температуре окружающего воздуха не ниже 0°С)
Передвижная установка для смазывания и заправки (ОЗ-9902А ГОСНИТИ)	Передвижная; габариты 1450 × 840 × 1480 мм; масса установки с комплектом инструмента и запчастей (незаправленной) — 460 кг	Для заправки тракторов и сельскохозяйственных машин маслами, сбора и выдачи отработанных масел, смазывания составных частей солидолом, нанесения жидких антикоррозионных покрытий, подкраски поверхностей машин, обдувки деталей сжатым воздухом и подкачки шин
Установка высокого давления для наружной очистки (ОМ-5285)	Температура рабочей жидкости — 20... 80°С; габариты 1415 × 950 × 1325 мм; масса — 500 кг	Для наружной очистки тракторов и их агрегатов, узлов и деталей на ремонтных предприятиях, в мастерских общего назначения, на станциях ТО и т. п.
Приспособление для снятия колес (ОПТ-9931)	Передвижное; привод ручной; габариты 1450 × 1458 × 1200 мм; масса — 175 кг	Для снятия, установки и транспортирования колес большого диаметра на пунктах ТО МТП, в центральных ремонтных мастерских (ЦРМ) хозяйств и на СТОТ

Оборудование и оснастка	Краткая техническая характеристика	Примечание
Стенд для демонтажа и монтажа шин колес (ОР-20409)	Производительность — 80 шин за смену; размеры ободьев ремонтируемых колес: 170—406; 180—406, 200—508; 210—508; 204—813, 330—965, 400—465, 420—762; габариты 1900 × 1420 × 1160 мм; масса 850 кг	Для механизации процессов демонтажа и монтажа шин с глубокого обода колесных тракторов и сельскохозяйственных машин
Тележка для снятия, установки и транспортировки колес тракторов К-700, К-700А и Т-150К (ОПТ-9931-ГОСНИТИ)	Передвижная с гидрориводом подъемного устройства: грузоподъемность — 350 кг; габариты 1450 × 1458 × 1200 мм; масса — 175 кг	Перед снятием колесо трактора должно быть вывешено
Стенд для демонтажа и монтажа шин тракторов К-700 и Т-150К (ОР-8808-ГОСНИТИ)	Стационарный с электроприводом мощность электродвигателя — 7 кВт; габариты 3200 × 2400 × 2400 мм; масса — 2750 кг	Для специализированных ремонтных мастерских и предприятий
Приспособление для монтажа и демонтажа шин (ПИМ-746А-ГОСНИТИ)	Стационарное ручное; 10 комплектующих элементов; габариты 660 × 660 × 616 мм; масса — 47,5 кг	Для ЦРМ и ПТО хозяйств; время монтажа (демонтажа) шин задних колес тракторов — 5...6 мин, передних колес — 2 мин
Приспособление для монтажа и демонтажа шин [913 (МП-2909) ГОСНИТИ]	Переносное ручное; 7 комплектующих элементов; габариты: 660 × 300 × 251 мм; масса — 17,7 кг	Для монтажа и демонтажа шин в дорожно-полевых условиях
Тележка для перевозки покрышек (ОШ-1452)	Ручная металлическая; вместимость — 2...4 покрышки; габариты 930 × 1196 × 1000 мм; масса — 25 кг	Для транспортирования покрышек внутри шино-ремонтного цеха, на участке профилактического и местного ремонта шин, а также на складах

Оборудование и оснастка	Краткая техническая характеристика	Примечание
Стеллаж для задних колес тракторов «Беларусь» (ОРГ-1468-05-800)	Стационарный металлический, одноярусный; вместимость — 8 колес с шинами (8 комплектов шин или колес отдельно); габариты 3200 × 1150 × 1300 мм; масса — 137,4 кг	Для продолжительного хранения шин и колес на складах и кратковременного хранения их в мастерских по ремонту тракторов «Беларусь»
Стеллаж для покрышек и колес (2293-П)	Стационарный (металлический), двухярусный; вместимость — 8...15 покрышек; габариты 2000 × 1000 × 1000 мм; масса — 75,0 кг	Для складского хранения шин
Стеллаж для покрышек (ОШ-1451)	Передвижной (металлический), двухярусный, односекционный, вместимость — 9 покрышек 210-508 (8,3Р20) или 18 покрышек 4,00Р16; габариты 2000 × 600 × 1250 мм; масса — 30,0 кг	Для хранения и транспортирования покрышек
Стеллаж для колес Р-508А	Стационарный металлический, одноярусный, двухсекционный, вместимость 10 колес или покрышек; габариты 2448 × 880 × 1270 мм; масса 82,0 кг	Для колес и покрышек с наружным диаметром менее 1200 мм

## 5. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ХОДОВЫХ СИСТЕМ

### 5.1. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

В соответствии с ГОСТ 27.002 – 83 под надежностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Надежность – комплексное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения состоит из сочетаний свойств: безотказности, долговечности, ремонтнопригодности и сохраняемости.

**Безотказность** – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

**Долговечность** – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

**Ремонтпригодность** – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаруживанию причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

**Сохраняемость** – свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Любое техническое изделие находится в одном из пяти возможных состояний: исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное или предельное.

**Исправное состояние** – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

**Неисправное состояние** – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и конструкторской документации.

**Работоспособное состояние** – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.



**Неработоспособное состояние** — состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

**Предельное состояние** — состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

**Отказ** — событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Общая классификация возможных отказов изделия представлена ниже.

Вид отказа	Определение
Независимый	Отказ объекта, не обусловленный отказом другого объекта
Зависимый	Отказ объекта, обусловленный отказом другого объекта
Внезапный	Отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких заданных параметров объекта
Постепенный	Отказ, характеризующийся постепенным изменением значений одного или нескольких заданных параметров объекта
Перебегающий	Множественно возникающий самоустраняющийся отказ объекта одного и того же характера
Конструкционный	Отказ, возникший в результате несовершенства или нарушения установленных правил или норм конструирования объекта
Производственный	Отказ, возникший в результате несовершенства или нарушения установленного процесса изготовления или ремонта, выполнявшегося на ремонтируемом предприятии
Эксплуатационный	Отказ, возникший в результате нарушения установленных правил или условий эксплуатации объекта

В зависимости от трудоемкости устранения отказы ходовых систем тракторов различают по двум группам сложности. К первой группе относятся отказы, устраняемые ремонтом или заменой сборочных единиц, расположенных снаружи составных частей, без разборки, а также отказы, устранение которых требует внеочередного проведения операций ТО-1 или ТО-2. К второй группе относятся отказы, устраняемые ремонтом или заменой легкодоступных составных частей (сборочных единиц), а также отказы, устранение которых требует раскрытия внутренних полостей основных составных частей без их разборки или внеочередного проведения операций ТО-3. В соответствии с ОСТ 70.2.8—82 классификация отказов ходовых систем тракторов по группам сложности представлена в таблице 24.

## 24. Классификация (по группам сложности) отказов ходовых систем тракторов

Составные части или сборочные единицы	Группа сложности отказов	
	первая (I)	вторая (II)
Подвеска трактора	Трещина спиц опорного колеса	Износ или излом одной из сборочной единиц каретки (тележки) или крепления, в том числе цапфы Срыв пыльника, разрыв резинового чехла опорного катка Срез или смятие призматической шпонки оси опорного катка Самоотворачивание крепления кареток Нарушение регулировки подшипников оси опорного катка
Поддерживающие ролики	Самоотворачивание болта крепления кронштейна поддерживающего ролика	Излом или износ оси поддерживающего ролика Износ или трещина обода поддерживающего ролика, износ или разрушение подшипника поддерживающего ролика Разрыв резинового чехла, разрушение уплотнительных колец поддерживающего ролика Самоотворачивание гайки крепления поддерживающего ролика Ослабление посадки оси поддерживающего ролика в кронштейне
Направляющее колесо, в том числе механизмы натяжения и подъема	Ослабление, разрыв болта крепления обода к ступице направляющего колеса	Изгиб, излом или износ коленчатой оси Износ или разрушение роликового подшипника Излом или износ обода направляющего колеса Излом натяжного винта или пружины Разрыв резинового чехла, разрушение уплотнительных колец направляющего колеса
Гусеница, ведущее колесо	Излом отдельных литых звеньев или пальцев гусеницы	Износ комплекта пальцев или звеньев гусеницы Разрыв болта или потеря посадки шпильки крепления ведущего колеса Излом звена гусеницы Излом или износ зубьев ведущего колеса
Колеса	Самоотворачивание или обрыв болта ступицы и диска колеса	Износ, трещина, излом обода или диска колеса, ступицы, вкладышей ступицы заднего колеса
Шины	Срез резьбы гаек, шпилек крепления колес Нарушение регулировки подшипников ступицы переднего колеса	Преждевременный износ рисунка протектора (износ ранее установленной гарантийной нормы пробега) Разрушение рисунка протектора Отслоение протектора Расслоение стыка протектора Трещины по канавкам рисунка протектора Расслоение, отслоение брекера Отслоение, трещины боковины
Передняя ось колесного трактора формулы 4К2	Обрыв бонки накладки передней оси или болта крепления выдвижной трубы с выдвижным кулаком	Износ или разрушение подшипника выдвижного кулака или ступицы переднего колеса
	Срез резьбы стяжного болта или хомута крепления выдвижной трубы с выдвижным кулаком	Износ или разрушение деталей, уплотнения Изгиб или трещины, или износ передней оси, выдвижной трубы, пружины подвески, поворотной цапфы Износ или излом поворотного рычага



**Методы оценки показателей надежности.** Каждое свойство надежности изделия оценивают количественными показателями, которые могут быть определены при испытаниях или наблюдениях за работой изделия в эксплуатации. При оценке надежности ходовых систем тракторов определяют обычно такие показатели долговечности и безотказности, как средний ресурс,  $\gamma$ -процентный (гамма-процентный) ресурс и наработку на отказ.

Методы оценки ресурсов различают в зависимости от типа полученной по результатам испытаний (наблюдений) выборки и знания закона распределения ресурсов изделия. При этом различают полную выборку, однократно усеченную по длительности испытаний (наблюдений), и многократно усеченную выборку.

При полной выборке, когда на испытания (наблюдения) поставлено  $N$  изделий, наблюдения ведут до предельного состояния всех изделий, отказавшие изделия не заменяют, известен закон распределения ресурсов, ресурс оценивают по правилам определения статистических оценок для параметров нормального распределения согласно ГОСТ 11.004-74, если коэффициент вариации  $V_R \leq 0,33$ , и по ГОСТ 11.007-75 - для параметров закон распределения Вейбулла, если  $V_R > 0,33$ .

При неизвестном законе распределения ресурсов  $\gamma$ -процентный ресурс  $R_\gamma$  вычисляют в случаях, когда объем выборки  $N \geq 100/(100 - \gamma)$ . Для определения  $R_\gamma$  необходимо расположить значения ресурсов  $R_i$  изделия по возрастающему порядку в вариационный ряд:  $R_1, R_2, \dots, R_{N-1}, R_N$  и вычислить

$$\Psi_\gamma = N(1 - \gamma/100) + 0,5.$$

Затем следует установить ближайшие к  $\Psi_\gamma$  меньший и больший порядковые номера членов вариационного ряда ( $i_\gamma < \Psi_\gamma < i_{\gamma+1}$ ) и соответствующие ресурсы  $R_{i_\gamma}$  и  $R_{i_{\gamma+1}}$ .

После этого вычисляют  $\gamma$ -процентный ресурс по формуле

$$R_\gamma = R_{i_\gamma} + [\Psi_\gamma - i_\gamma] [R_{i_{\gamma+1}} - R_{i_\gamma}]. \quad (3)$$

Средний ресурс  $R_{cp}$  изделия

$$R_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i. \quad (4)$$

Среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - R_{cp})^2}. \quad (5)$$

Коэффициент вариации

$$V_R = \frac{\sigma_R}{R_{cp} - R_{сд}}, \quad (6)$$

где  $R_{сд}$  – параметр сдвига (смещения)

$$R_{сд} = \frac{R_1 - (R_3 - R_1)}{2}. \quad (7)$$

Значением  $R_{сд}$  пренебрегают, если  $R_{сд}/R_{cp} < 0,1$ .

При однократно усеченной выборке, когда на испытание поставлено  $N$  изделий, наблюдения ведутся в течение наработки  $T$ , отказавшие изделия не заменяют (испытания неотказавших изделий приостанавливают при наработке  $T$ ) и известен закон распределения ресурсов, ресурс оценивают

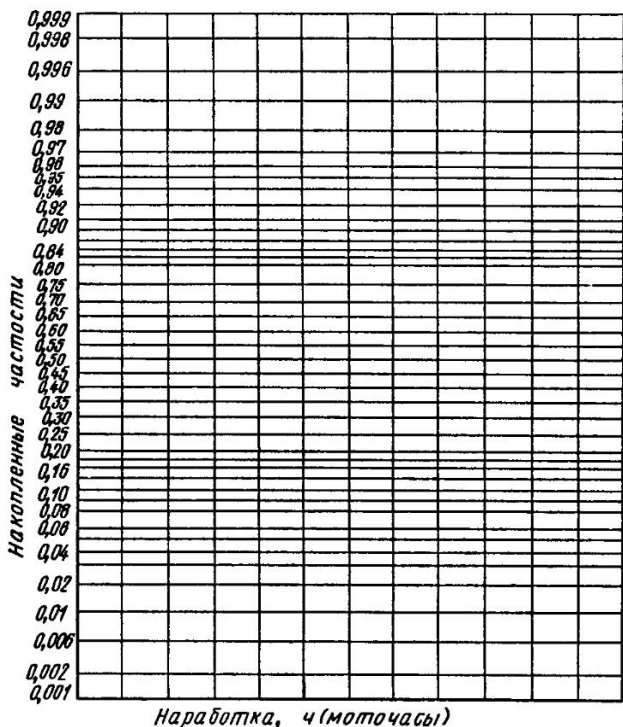


Рис. 69. Вероятностная сетка нормального распре-

деления:  $f(R) = \frac{1}{\sigma_R \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(R - R_{cp})^2}{2\sigma_R^2} \right\}$ .

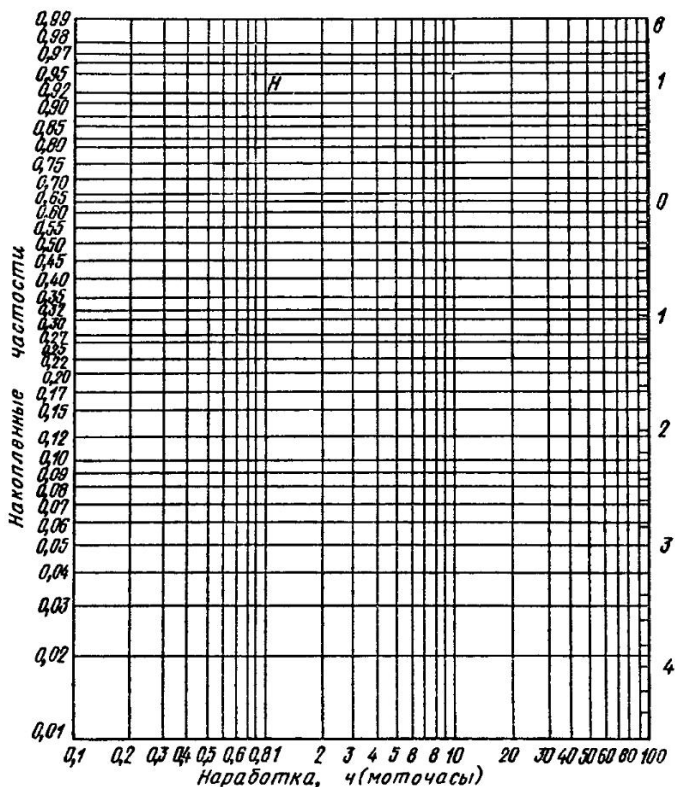


Рис. 70. Вероятностная сетка распределения Вейбулла:

$$f(R) = \frac{b}{\Theta} \left( \frac{R}{\Theta} \right)^{b-1} \exp \left\{ - \left( \frac{R}{\Theta} \right)^b \right\}$$

так же, как при полной выборке. При неизвестном законе распределения ресурсов располагают значения  $R_i$  ресурсов  $m$  изделий, достигших предельного состояния, в вариационный ряд:  $R_1, R_2, \dots, R_m$ ;  $\gamma$ -процентный ресурс определяют по формуле (3), если число отказавших изделий  $m \geq N(1 - \gamma/100)$ .

Для определения среднего ресурса необходимо, чтобы  $m \geq 3$ ;  $m/N > 0,3$ .

Средний ресурс вычисляют в следующем порядке.

Находят эмпирическую функцию распределения

$$F(R_i) = i/(N + 1), \quad (8)$$

где  $i$  – порядковый номер  $R$  в вариационном ряду ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).

Затем наносят значения  $F(R_i)$  и соответствующие им  $R_i$  на вероятностную сетку (рис. 69 и 70). На основе визуальной оценки строят по нанесенным точкам прямую так, чтобы точки как можно меньше отклонялись от нее; для более точного построения прямой по опытным точкам применяют метод наименьших квадратов. При этом выбирают вид распределения по меньшему отклонению эмпирических точек от нанесенной прямой. В случае визуального решения следует учитывать, что при приближении к концам выборки опытные точки могут больше отклоняться от прямой, чем в средней части графика, т. е. вывод следует делать преимущественно по близости точек к прямой в средней части графика.

Для нормального распределения  $R_{cp}$  и  $\sigma_R$  определяют в соответствии с ГОСТ 11.008-75, а коэффициент вариации

$$V_R = \sigma_R / R_{cp}. \quad (9)$$

Для распределения Вейбулла с параметрами  $Q$  и  $b$  средний ресурс оценивают по формуле

$$R_{cp} = QK_b. \quad (10)$$

Значения коэффициента  $K_b$  в зависимости от  $b$  приведены ниже.

$b$	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$K_b$	1,27	1,13	1,07	1,0	0,96	0,94	0,92	0,91	0,9	0,9
$b$	1,8...	3,1...	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
	3,0	3,8								
$K_b$	0,89	0,9	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94

Коэффициент вариации определяют по значениям  $b$  в соответствии с рисунком 71.

Если результаты испытаний (наблюдений) представляют собой многократно усеченную выборку и закон распределения ресурсов неизвестен, используют методы определения показателей долговечности (методы Нельсона и Джонсона). Метод Нельсона применяют в случае негруппированных данных и когда в выборке достигли предельного состояния не менее

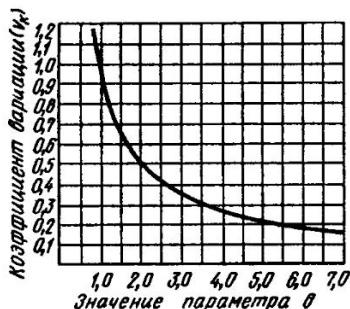


Рис. 71. Зависимость коэффициента вариации  $V_k$  от параметра  $b$  распределения Вейбулла.

трех изделий. При больших объемах информации ( $N > 50$  и  $m/N > 0,2$ ) и сгруппированных данных применяют метод Джонсона.

Для вычисления показателей долговечности методом Нельсона по экспериментальным данным определяют функцию  $\lambda(R)$  интенсивности отказов изделий и находят по ней некоторые параметры распределения. Рассчитывают в следующем порядке. Располагают наработки изделий до отказа или приостановки наблюдения в порядке возрастания наработки в общий вариационный ряд. Затем нумеруют  $\rho_i$  наработки изделий в обратном порядке, вычисляют значения интенсивности отказов (в процентах) в точках  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_m$  по формуле

$$\lambda_i (\%) = 100/\rho_i$$

и определяют накопленную интенсивность отказов

$$\lambda(R_i) = \sum_{j=1}^i \lambda_j$$

Схема проведения расчетов показана в таблице 25.

#### 25. Параметры для расчета интенсивности отказов

Порядковый номер изделия	Наработка изделия до		Значение $\rho_i$	Интенсивность отказов $\lambda_i$	Накопленная интенсивность отказов $\lambda(R)$
	отказа $R_i$	приостановки $T_i$			
1	$R_1$	—	$N$	$\lambda = 1/N$	$\lambda_1$
2	—	$T_1$	$N - 1$	—	—
3	$R_2$	—	$N - 2$	$\lambda_2 = 1/(N - 2)$	$\lambda_1 + \lambda_2$
4	$R_3$	—	$N - 3$	$\lambda_3 = 1/N - 3$	$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$
5	—	$T_2$	$N - 4$	—	—

Полученные пары значений  $\lambda(R_i)$  и  $R_i$  наносят на сетку интенсивности предполагаемого закона распределения (рис. 72 и 73): по оси абсцисс — значения  $R_i$ , а по оси ординат —  $\lambda(R_i)$ . При соответствии выбранного типа сетки интенсивности действительному распределению ресурсов экспериментальные точки располагаются с некоторым разбросом на прямой линии. На сетках интенсивности по оси ординат приведена вспомогательная шкала «Накопленные частоты, %», которая может быть использована для определения функции  $F(R)$  распределения ресурсов.

Гамма-процентный ресурс определяют графически по сетке интенсивности. Так, восьмидесятипроцентный ресурс соответствует абсциссе точки пересечения экспериментальной прямой с горизонталью  $\lambda(R) = 22,3\%$ , а девяностопроцентный — точке пересечения с  $\lambda(R) = 10,5\%$ .



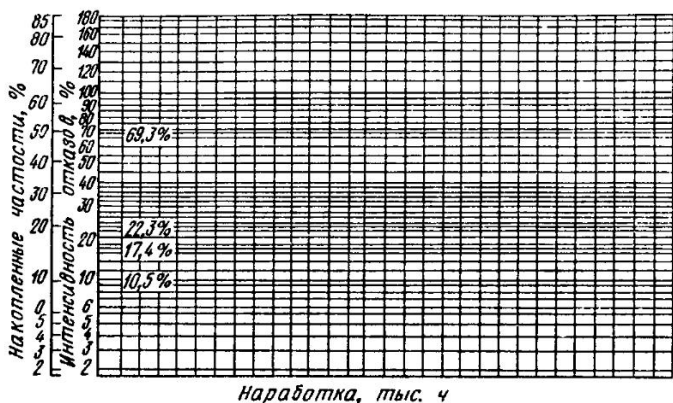


Рис. 72. Сетка интенсивности нормального распределения.

Средний ресурс  $R_{cp}$  и коэффициент вариации ресурса  $V_R$  рассчитывают следующим образом. Для нормального распределения (см. рис. 72)  $R_{cp}$  — абсцисса  $OC'$  (рис. 74, а) точки  $C$  пересечения экспериментальной прямой с горизонталью  $\lambda(R) = 69,3\%$ .

Среднее квадратическое отклонение  $\sigma_R$  находят как разность между оценкой  $R_{cp}$  и абсциссой  $OB'$  точки  $B$  пересечения экспериментальной прямой с  $\lambda(R) = 17,4\%$ , т. е. геометрически  $\sigma_R$  равна длине отрезка  $B'C'$ . Коэффициент вариации ресурса определяют по формуле (9).

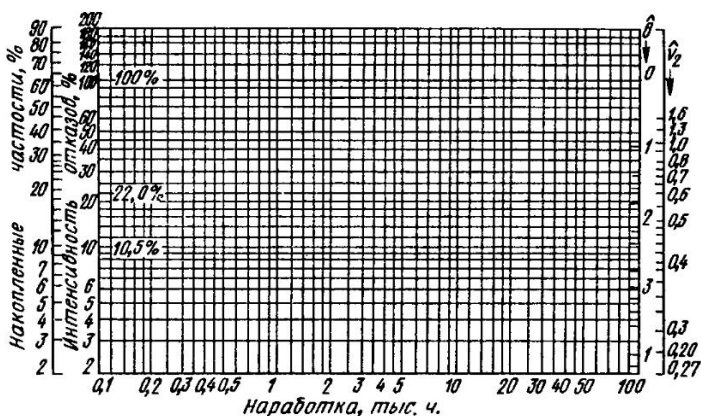


Рис. 73. Сетка интенсивности распределения Вейбулла.

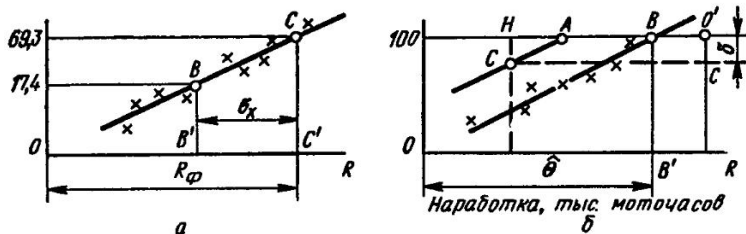


Рис. 74. Схема и порядок распределения параметров распределений:

*a* – нормального; *b* – Вейбулла с помощью сеток интенсивности.

Для распределения Вейбулла (см. рис. 73) средний ресурс  $R_{cp}$  и коэффициент вариации  $V_R$  определяют в следующем порядке.

Находят проекцию  $B'$  (рис. 74, б) на ось абсцисс точки  $B$  пересечения экспериментальной прямой с горизонталью  $\lambda(R) = 100\%$ . Длина отрезка  $OB'$  (в размерности наработки) – оценка параметра  $Q$ . Затем через точку  $A$  сетки интенсивности проводят луч, параллельный экспериментальной прямой, до его пересечения в точке  $C$  с вертикальной линией  $H$ . Ординаты точки  $C$ , отсчитанные по шкале  $b$  и  $V_k$ , находящейся в правой части сетки интенсивности, дают значения оценок  $b$  и  $V_k$ . Средний ресурс находят по формуле (10).

Для вычислений показателей методом Джонсона составляют вариационный ряд, в каждом интервале которого изделия, достигшие предельного состояния  $m_i$ , группируют после  $K_i$  приостановленных. Определяют приращение среднего порядкового номера изделия, достигшего предельного состояния, расположенного между соседними группами приостановленных,

$$\Delta i = \frac{N + 1 - r_{i-1}}{N + 1 - N_i},$$

где  $r_{i-1}$  – средний порядковый номер предыдущего изделия, достигшего предельного состояния;  $N = \sum_{j=1}^i (K_j + m_{j-1})$  – число изделий

приостановленных и достигших предельного состояния, предшествующих  $i$ -му предельному состоянию.

Приращение  $\Delta_i$  вычисляют каждый раз, когда в вариационном ряду появляются приостановленные изделия.

Если вариационный ряд начинается с одного или группы предельных состояний, то их средние порядковые номера равны соответственно  $r_1 = 1$  (для первого предельного состояния),  $r_2 = 2$  (для второго) и т. д. Если ряд начинается с при-

остановленных изделий, то при подсчете первого приращения средний порядковый номер  $r_{i-1} = 0$ .

Средний порядковый номер  $r_i$   $i$ -го изделия, достигшего предельного состояния, определяют по формуле

$$r_i = r_{i-1} + \Delta_i.$$

Если в рассматриваемом интервале расположена группа изделий, достигших предельного состояния, то подсчитывают средний порядковый номер последнего

$$r_i = r_{i-1} + \Delta_i m_i.$$

Далее определяют экспериментальные значения  $F(R)$  опытного распределения ресурсов в точках  $R_i$ , соответствующих наработкам изделий, достигших предельного состояния, по формуле

$$F(R_i) = \frac{r_i}{N+1}.$$

При многократно усеченной выборке, когда распределение ресурсов не противоречит закону Вейбулла, допускается использование метода максимума правдоподобия. Параметры  $b$  и  $Q$  распределения Вейбулла определяют, решая систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{b} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i^b \ln R_i + \sum_{j=1}^{N-m} T_j^b \ln T_j}{\sum_{i=1}^m R_i^b + \sum_{j=1}^{N-m} T_j^b} - \frac{\sum_{i=1}^m \ln R_i}{m}; \\ Q = \left[ \frac{\sum_{i=1}^m R_i + \sum_{j=1}^{N-m} T_j}{m} \right]^{1/b}. \end{array} \right. \quad (11)$$

Средний ресурс  $R_{cp}$  определяют по формуле (10).

Число отказов изделия при достижении наработки  $T$  подсчитывают по формуле

$$m = \sum_{j=1}^J \left( \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} m_{ij} \right), \quad (12)$$

где  $m_{ij}$  — число отказов  $i$ -го изделия в  $j$ -м интервале;  $N_j$  — условное число изделий, работающих в  $j$ -м интервале;  $J$  — число интервалов назначенной наработки.

Число отказов первой  $m^I$  и второй  $m^{II}$  группы сложности при наработке  $T$  определяют раздельно по уравнению (12).

Общее число отказов подсчитывают по формуле

$$m = m^I + m^{II}. \quad (13)$$

Наработка на отказ

$$T_0 = T/m. \quad (14)$$

Наработку на отказ первой ( $T_0^I$ ) и второй ( $T_0^{II}$ ) группы сложности при наработке  $T$  подсчитывают по уравнению (14). При этом в него подставляют соответственно число отказов по группам сложности.

Наработку на отказ  $T_0$  статистически определяют отношением суммарной наработки изделий к суммируемому числу отказов этих изделий

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{\sum_{i=1}^N m_i}, \quad (15)$$

где  $T_i$  — наработка  $i$ -го изделия;  $m_i$  — число отказов  $i$ -го изделия при наработке  $T_i$ .

Среднюю наработку изделий определяют по формуле

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i.$$

Наработку на отказ первой ( $T_0^I$ ) и второй ( $T_0^{II}$ ) группы сложности при средней наработке  $T_{\text{ср}}$  партии изделий рассчитывают из уравнения (15). При этом в него подставляют соответственно число отказов первой и второй групп сложности.

При сравнительных эксплуатационных испытаниях однотипных изделий нескольких вариантов, отличающихся геометрическими параметрами или свойствами материалов, без доведения испытаний до предельного износа сравнение долговечности  $T_i$  по достигнутым величинам износа  $W_i$  по отношению

$$T_1/T_2 = W_1/W_2 \quad (16)$$

справедливо только при постоянстве скорости изнашивания в течение всего срока службы изделий, т. е. при линейном законе динамики изнашивания. При любом ином законе изнашивания уравнение (16) неприменимо, так как ошибка, получаемая при пользовании им, возрастает с увеличением различия износостойкости сопоставляемых вариантов.

Если закон динамики изнашивания неизвестен, то для сравнительной оценки испытываемых вариантов изделий сле-

дует пользоваться отношением длительности эксплуатации  $\tau_1$  и  $\tau_2$  сборочных единиц до достижения равных величин износа. Уравнение  $\tau_1/\tau_2 = T_1/T_2$  или  $W_1 = W_2$  дает точное решение для всех законов динамики изнашивания, исключая случаи, когда износостойкость материала неодинакова по сечению детали.

Существует еще один способ расчета соотношения долговечности сравниваемых изделий: отношение сроков службы изделий — величина обратная отношению мгновенных скоростей изнашивания при равных значениях линейного износа, т. е.

$$T_1/T_2 = \dot{W}_2/\dot{W}_1,$$

где  $\dot{W}_1, \dot{W}_2$  — скорости изнашивания сравниваемых деталей.

Аналитические модели и данные кратковременных испытаний также используют для оценки параметров надежности изделий, что позволяет проводить скоренную оценку параметров надежности расчетно-экспериментальными методами. Ниже приведены математические модели, которые могут быть применены для расчета износа, прогнозирования долговечности и остаточного ресурса шарниров тракторных гусениц — составных частей ходовой системы тракторов с наиболее низким ресурсом.

Значение износа шарниров  $W$  как многофакторной функции определяют по формуле

$$W = S_n \left( L \frac{C_0 P}{K_0 F L} - 1 \right),$$

где  $S_n$  — приведенное значение начального зазора, мм;  $C_0$  — коэффициент проникающей способности абразивных частиц, мм<sup>3</sup>/кг·га;  $P$  — действующая нагрузка, Н;  $K_0$  — приведенный коэффициент износостойкости материалов сопряженных деталей (табл. 26);  $F$  — площадь контактной поверхности, мм<sup>2</sup>;  $L$  — длина шарнира, мм.

## 26. Влияние материалов сопряженных деталей на коэффициент $K_0$

Сопряженные детали				Коэффициент $K_0$
материал	твёрдость HRC	материал	твёрдость HRC	
Среднеуглеродистая сталь	35...40	Среднеуглеродистая сталь	56...62	1,0
То же	35...40	То же	45...52	0,75
»	35...40	»	35...40	0,65
»	35...40	»	<30	0,50
»	35...40	Цементованная малоуглеродистая сталь	56...62	1,15

Прогнозировать долговечность шарниров по данным кратковременных эксплуатационных испытаний можно по формуле

$$\frac{T_d}{\tau_i} = \frac{\lg \left( 1 + \frac{W_d}{S_n} \right)}{\lg \left( 1 + \frac{W_i}{S_n} \right)},$$

где  $W_d$  — предельно допустимая величина износа;  $T_d$  — наработка до достижения износа  $W_d$ ;  $W_i$  — износ при кратковременных испытаниях с наработкой  $\tau_i$ .

Значение  $S_n$  может быть определено из опытных данных по формуле

$$S_n = \frac{W_1^2}{W_2 - 2W_1},$$

где  $W_1$  — износ за некоторый период  $\tau_1$ ;  $W_2$  — износ за вдвое больший период в тех же условиях.

Для предварительных расчетов можно принять приближенную формулу

$$S_n = S_0 + 0,8,$$

где  $S_0$  — начальный зазор, мм.

Формула сопоставления долговечности шарниров в двух вариантах исполнения по данным кратковременных испытаний имеет вид:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\lg \left( 1 + \frac{W_2}{S_n} \right)}{\lg \left( 1 + \frac{W_1}{S_n} \right)}.$$

Для выбора материала и геометрических параметров, обеспечивающих заданный срок службы шарнира, используют приближенную формулу

$$\frac{T_{d1}}{T_{d2}} = \frac{K_{01}}{K_{02}} \left( \frac{L_1}{L_2} \right)^2 \frac{D_1}{D_2} \frac{\lg \left( 1 + \frac{S_d - S_{01}}{S_{01} + 0,8} \right)}{\lg \left( 1 + \frac{S_d - S_{02}}{S_{02} + 0,8} \right)},$$

где индексы 1 и 2 — соответственно модернизируемый и существующий варианты;  $D_1$  и  $D_2$  — диаметры пальцев.

Скорость изнашивания шарнира по мере увеличения износа растет вследствие увеличения динамических нагрузок и абразивного загрязнения, поэтому процесс изнашивания шарнира нелинеен.

Для описания монотонных нелинейных процессов получили широкое распространение экспоненциальные математические модели. Скорость увеличения зазора сопряжения деталей можно рассматривать как скорость изнашивания пары трения, а зазор между деталями принять в качестве линейного износа. При этих условиях математическое ожидание процесса изнашивания после окончания приработки выражается уравнением И. Б. Тартаковского

$$\bar{Y} = (\bar{Y}_1 + h) 10^{\frac{t-t_1}{A}} - h,$$

где  $\bar{Y}$  – текущий средний зазор;  $\bar{Y}_1$  – средний зазор при наработке  $t_1$ , превышающий период приработки;  $t$  – текущая наработка;  $h$  и  $A$  – константы, определяемые из уравнений

$$h = \frac{\bar{Y}_1 \bar{Y}_3 - \bar{Y}_2}{2\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3} \quad \text{и} \quad A = \frac{t_3 - t_1}{\lg \frac{\bar{Y}_3 + h}{\bar{Y}_1 + h}},$$

здесь  $\bar{Y}_2$  – средний зазор при наработке  $t_2$ ;  $\bar{Y}_3$  – средний зазор при наработке  $t_3$ , удовлетворяющий условию  $t_3 - t_2 = t_2 - t_1$ .

Интенсивность износа  $J$  сборочных единиц шарниров гусеницы можно оценить и по формуле

$$J = 5,0 \left( \frac{q_r}{\text{НВ}} \right)^{3/2} \frac{v_k}{v_b},$$

где  $q_r = 0,8 \sqrt{\frac{P_m E (d_3 - d_n)}{(1 - \mu^2) l_n d_3 d_n}}$ .

Здесь НВ – твердость поверхностного слоя детали;  $v_k$  – средняя скорость проскальзывания пальца относительного звена;  $v_b$  – скорость распространения нагрузки в поверхностном слое (скорость звука);  $P_m$  – максимальное усилие, действующее на каждую гусеничную цепь;  $E$  – модуль упругости пальца и звена;  $d_n$  – диаметр пальца;  $d_3$  – диаметр проушины звена;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $l_n$  – длина пальца.

Остаточный ресурс гусеницы по степени износа шарниров можно определить согласно ГОСТ 21571–76 по формуле:

$$t_{\text{ост}} = t_k \left[ \left( \frac{\Pi_n - \Pi_n}{\Pi(t_k) - \Pi_n} \right)^{1/\alpha} - 1 \right],$$

где  $\Pi_n$ ,  $\Pi_n$ ,  $\Pi(t_k)$  – соответственно номинальное, предельное и измененное значение параметра, мм;  $t_k$  – наработка от начала эксплуатации до момента контроля параметра, ч;  $\alpha$  – показатель степени функции изменения параметра (зависит от типа почвы – см. ниже).

Почва	черноземная	суглинистая	супесчаная	песчаная
$\alpha$	0,95...1,05	1,10...1,15	1,20...1,35	1,30...1,45

Скорость абразивного изнашивания  $I_{1(2)}$  (в мкм/ч) трущихся поверхностей пальца и проушины в зависимости от факторов  $A$ , характеризующих абразивное воздействие,  $M_{1(2)}$  влияния на износ физико-механических свойств материалов и  $K_{1(2)}$  влияния кинематических, геометрических характеристик и режима работы сопряжения можно оценить по формуле Г. М. Ямпольского:

$$I_{1(2)} = \frac{4 \cdot 10^2 \alpha^x K_{1(2)}}{M_{1(2)}},$$

где

$$A = \varepsilon^{2/3} R^{0.5} \sigma^{2.5-x}; \quad M_{1(2)} = \delta_{1(2)}^t \frac{H_1^{1.5(1)} H_2^{2(2.5)}}{H_1 + H_2};$$

$$K_{1(2)} = \frac{1(\pi) 1(d) (2d \Delta^{1/2} + \Delta^{3/2}) \sqrt{1 + \frac{\Delta}{\alpha} \sigma_k n_1}}{4\sqrt{2} l \cdot 1(l_k)};$$

$$\alpha = \frac{H_2}{H_1 + H_2};$$

$x$  — показатель степени влияния контактных напряжений на скорость изнашивания ( $I \sim \sigma_k^x$ );  $\varepsilon$  — объемная концентрация абразива;  $R$  — объемный радиус абразивных частиц;  $\sigma$  — механическая прочность абразивных частиц (условное напряжение раздавливания);  $\delta$  — пластичность (относительное удлинение при разрыве, соответствующее максимальному усилию деформации);  $t$  — коэффициент усталости;  $H_1, H_2$  — твердость пальца, проушины;  $d$  — диаметр пальца;  $\Delta$  — зазор в сопряжении палец — проушина;  $\sigma_k$  — контактные напряжения;  $n_1$  — число нагружений пальца за 1 мин;  $l$  — длина проушины;  $l_k$  — длина дуги контакта пальца и проушины.

## 5.2. ХАРАКТЕР ПОВРЕЖДЕНИЙ И ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ

При эксплуатации гусеничных ходовых систем наблюдается интенсивный абразивный износ гусениц, ведущих и ведомых колес, опорных катков и поддерживающих роликов, а также повреждения и износ коленчатых осей, внешних балансиров и осей качания.

Звенья гусениц выбраковывают главным образом в результате износа проушин, цевок и беговых дорожек, так как износ почвозацепов, как правило, не достигает предельных значений. Между износом проушин цевок и беговых дорожек звеньев существует тесная корреляционно-регрессионная связь, характер которой для гусениц тракторов тягового класса 3 представлен в таблице 27.

Как правило, к моменту наступления предельного состояния цевки и беговые дорожки большинства звеньев изношены



## 27. Характер связи между износом отверстий проушины и другими поверхностями звена гусеницы

Наименование поверхности звена (у), связанной с износом проушин (х)	Регрессионное уравнение	Почва	Значение коэффициентов		Корреляционное отношение
			а	в	
Цевка	$y = av^x$	Суглинистая	2,47	1,18	0,79
		Песчаная	2,50	1,20	0,76
Беговая дорожка	$y = a + vx$	Суглинистая	0,47	0,95	0,77
		Песчаная	0,51	0,46	0,79

примерно на 50% от предусмотренной нормы. Поэтому для гусениц, эксплуатирующихся на суглинистых и песчаных почвах, основным выбраковочным параметром должен служить износ проушин звеньев. Беговые дорожки и цевки большинства звеньев, проушины которых достигли предельного состояния, практически не требуют восстановления.

Такое распределение износа трущихся поверхностей звеньев наблюдается довольно часто, однако бывает не всегда. Об этом свидетельствуют статистические данные износа трущихся поверхностей гусеничных звеньев, полученные по результатам микрометража выбракованных звеньев в хозяйствах некоторых областей, а также результаты микрометража 250 звеньев, поступивших на переплавку на тракторные заводы (рис. 75 и 76).

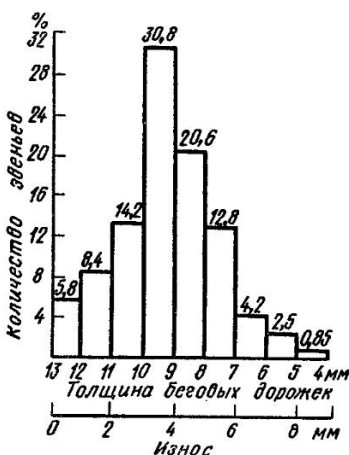


Рис. 75. Распределение звеньев по группам в зависимости от толщины изношенных беговых дорожек.

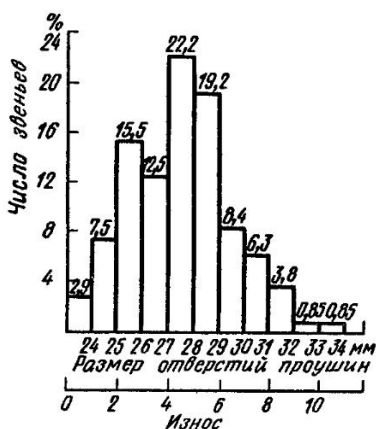


Рис. 76. Распределение звеньев по группам в зависимости от размера изношенных проушин звеньев.

Износостойкость рабочих поверхностей звеньев гусениц неодинакова в различных зонах эксплуатации. Интенсивность износа сборочных единиц гусеничных ходовых систем тракторов существенным образом зависит от типа почвы, на которой их эксплуатируют. Причем степень влияния типа почвы неодинакова для различных сборочных единиц и составных частей. Так, например, сравнительно слабое влияние оказывает тип почвы на интенсивность износа внешних рабочих поверхностей гусеницы, ведущих колес и опорных катков при использовании гусеницы с резинометаллическими шарнирами (табл. 28). Более сильное влияние тип почвы оказывает на интенсивность износа звеньев с различным числом проушин.

**28. Влияние типа почвы на интенсивность износа сборочных единиц гусеничной ходовой системы с резинометаллическими шарнирами (РШМ)**

Почва	Трактор	Интенсивность износа, мм за 100 моточасов				
		почво-защепов	цевок	беговых дорожек	зубьев ведущих колес	опорных катков
Средний суглинок	ДТ-75М	0,234	0,078	0,079	0,076	0,192
То же	ДТ-75М	0,218	0,082	0,083	0,086	0,174
»	ДТ-75М	0,350	0,220	0,134	0,162	0,296
»	Т-150	0,390	0,079	0,090	0,063	0,180
»	Т-150	0,331	0,116	0,090	0,105	0,204
Легкий суглинок	ДТ-75М	0,255	0,080	0,080	0,110	—

Очень сильно влияет тип почвы на интенсивность износа пальцев (табл. 29).

Для ведущих колес гусеничных тракторов характерен интенсивный износ зубьев и впадин.

Наибольшему изнашиванию подвергаются обод во впадине

**29. Влияние типа почвы на интенсивность износа пальцев гусеницы**

Марка стали пальцев и ее твердость	Интенсивность износа, мм за 100 моточасов			
	проушин в зависимости от типа почвы		пальцев в зависимости от типа почвы	
	супесь	суглинок	супесь	суглинок
27СГ (0,27% С; HRC 46)	0,63	0,29	0,66	0,18
35ГС (0,35% С; HRC 51)	0,47	0,18	0,74	0,21
38С (0,38% С; HRC 52)	0,44	0,18	0,73	0,21
55 (0,55% С; HRC 53)	0,36	0,14	0,81	0,22
65Г (0,65% С; HRC 59)	0,22	0,13	0,73	0,17
У8 (0,8% С; HRC 62)	0,25	0,12	0,72	0,15
ШХ15 (1,0% С; HRC 52)	0,24	0,12	0,61	0,14

между зубьями и зубья у основания. Износ венцов более чем 8 мм наблюдается у 75...80% ведущих колес тракторов тягового класса 3. Примерно 60% ведущих колес тракторов ДТ-75 имеют износ отверстий более 20,4 мм.

Ведущие колеса изнашиваются и по наружной поверхности. Их выбраковывают при диаметре менее 584 мм и ширине бурта менее 18 мм. Бывают трещины на спицах и ободе, излом бурта, износ резьбовых отверстий под болты крепления уплотнения и крышки.

Опорные катки интенсивно изнашиваются по диаметру с искажением (в 70–80% случаев) правильной геометрической формы обода.

На 5...6% опорных катков наблюдается огранка рабочей поверхности как следствие их заклинивания в результате износа посадочного отверстия и оси катка. Наблюдается образование раковин по поверхности обода, что приводит обычно к его скалыванию.

Поддерживающие ролики быстро изнашиваются, особенно в зимнее время года, когда в результате загустевания смазки или забивания грязью, снегом происходит заклинивание ролика, что приводит к одностороннему износу обода и сквозному износу ступицы. Ось поддерживающего ролика изнашивается в зоне шейки под подшипники при утечке масла через зазоры, когда плохо притерты кольца уплотнения или разорвался и разбух чехол.

Основные повреждения коленчатой оси – изгиб, износ посадочных поверхностей под подшипники и втулки, шпоночной канавки, повреждение резьбы и износ защитного кольца.

Внешние балансиры изнашиваются по внутренней поверхности малой и большой втулки, на них образуются трещины, появляются износ и повреждения резьбы отверстий под болты крепления корпусов уплотнения, крышки и коническую пробку, а также износ поверхности отверстий под подшипники и втулки.

Ось качания изнашивается в местах контакта с втулками и внутренним балансиrom, наблюдаются также трещины на поверхности и случаи ее излома.

Необходимо отметить, что при эксплуатации гусеничных тракторов происходит неравномерный износ левой и правой гусеницы. На пахоте механизаторы чаще применяют правые повороты, когда правая гусеница отстает, а левая забегает. В итоге левая гусеница проходит больший путь, больше изнашивается и удлиняется. Средний шаг ее звеньев увеличивается, поэтому при прямолинейном движении трактор будет уводить в сторону менее изношенной гусеницы, т. е. (в данном случае) вправо. Один из простых и действенных путей предупреждения неравномерного износа гусениц – выбор соответствующих способов движения агрегата, при которых чередуются левые и правые повороты. На вспашке, например, рекомендуется при-

менять способ движения с чередованием обработки загонов «всвал» и «вразвал». При групповой работе каждый агрегат сначала обрабатывает свой первый загон, двигаясь «всвал», т. е. с правыми поворотами, а затем переходит на соседний загон и движется способом «вразвал», т. е. с левыми поворотами. На участках с длиной гона до 500 м вспашку ведут беспетлевым комбинированным способом. При этом первый загон начинают пахать «вразвал», а в конце, чтобы не делать петлевых поворотов, разворачиваются направо и обрабатывают оставшуюся часть загона. Важно избежать поворотов в одну сторону не только на вспашке, но и на других полевых работах. На посеве зерновых культур применяют способ движения «перекрытием», когда трактор на первом загоне выполняет правые, а на втором — левые повороты. Двигаясь «челноком», трактор также на одной стороне загона выполняет правые повороты, а на другом — левые. Рекомендуется регулярно проверять гусеницы трактора на величину и равномерность их износа. Для тракторов тягового класса 3 допустимая разность среднего шага звеньев правой и левой гусениц — не более 2...3 мм.

При эксплуатации колесных тракторов наблюдается износ протекторов шин, разрушение покровной резины, каркаса и брекера. Распределение отказов шин по виду повреждений представлено в таблице 30.

**30. Распределение отказов шин по виду повреждений**

Повреждения	Доля шин, %
Износ протектора	44,3
Отслоение протектора или боковины	3,5
Скалывание элементов протектора, трещины по канавкам беговой дорожки	17,0
Пробой или порезы, срыв резины протектора или боковины	20,7
Повреждения (пробой) каркаса	3,4
Разрыв или излом каркаса	2,5
Трещины в боковине	7,7
Обрыв борта	0,6
Разрушение бортового кольца	0,3

Износ протекторов может быть равномерным, пилообразным, односторонним, пятнистым, по центру и углам беговой дорожки. Равномерный износ протекторов свидетельствует о соблюдении правил эксплуатации шин, пилообразный — следствие специфических условий эксплуатации шин преимущественно на дорогах с твердым покрытием или в результате нарушения углов установки колес, параллельности базы ходовой системы и ряда других причин; односторонний и пятнистый износ связаны с неисправностями ходовых систем (погнутостью

осей перекосом мостов, изношенностью подшипников и втулок), износ по центру и краям беговой дорожки происходит из-за несоблюдения норм нагрузок и внутренних давлений в шинах.

Причина износа шин — наличие сил трения между элементом протектора и дорожным покрытием и «утомляемости» поверхностного слоя, что, в свою очередь, зависит от физико-механических свойств материала шины, механических и тепловых нагрузок, воспринимаемых при работе.

Поверхностный слой протектора при работе шин подвергается температурным изменениям и окислению. Температурные изменения, вызываемые рассеиванием энергии при трении, а также воздействием температуры окружающей среды, приводят к понижению прочности резины. Окисление поверхностного слоя под действием температуры и кислорода воздуха снижает сопротивление раздиру. При этом резина структурируется, повышается ее жесткость. Окисная пленка, обладающая меньшей эластичностью, чем нижележащий слой резины, изнашивается значительно интенсивнее.

Различают три вида износа резин: усталостный, посредством скатывания и абразивный. При усталостном износе разрушение поверхностного слоя резины происходит после многократных деформаций выступами дорожного покрытия. Усталостный износ наблюдается при транспортных работах на асфальтобетонном покрытии. При этом на поверхности беговой дорожки шин не образуется видимых следов изнашивания. Предрасположенность к износу посредством скатывания наблюдается у мягких резин, особенно при повышенных нагрузках. При таком износе вначале появляются трещины и раздиры, возникающие в результате действия сил трения, когда сдвиговые напряжения превышают прочность резины. При этом повышается местная температура, резина размягчается, прилипает к дороге и скатывается в небольшие жгуты. В результате на поверхности образуются параллельно чередующиеся гребни и впадины — рисунок изнашивания. Изнашивание посредством скатывания может происходить лишь при определенном сочетании внешних условий и свойств резины. Абразивный износ характеризуется наличием на поверхности протекторов царапин, срезов и надрывов резины. Этот вид износа типичен для шин тракторов, которые преимущественно используются на полевых работах.

В реальных условиях эксплуатации колесных ходовых систем наблюдается смешанный (по видам) износ протектора. Его суммарная интенсивность определяется соотношением отдельных видов, что связано с объемом использования тракторов на различных сельскохозяйственных работах.

Разрушение покровных резин чаще всего связано с механическими повреждениями, наиболее характерные из которых — пробой и порезы. Сквозные или поверхностные повреждения

шин при пробое имеют характерные рваные края. При порезах (повреждениях покрышек об острые предметы) поверхность разрушения гладкая; при сквозном порезе концы разрезанных нитей корда ровные, без разлохмачивания. Наиболее часто встречаются порезы по боковине и пробой по беговой части покрышки. Пробоям и порезам часто сопутствуют местные расслоения каркаса и отслоения покровных резин.

Нарушение режимов эксплуатации шин по допускаемой нагрузке, требуемому давлению воздуха и скорости движения приводит к отказам, связанным с расслоениями и разрушениями покровных резин, брекера и каркаса. К этим же отказам могут привести и механические повреждения, вызванные ударными нагрузками при наезде на препятствия с большой скоростью.

Наблюдаются также расслоения протектора и поперечных покровных резин, отслоение покровных резин от каркаса или брекера, а также расхождение окружного стыка. Для расслоения характерно наличие участка с гладкой блестящей поверхностью, но возможны также и местные вырывы резин.

Вследствие механического воздействия на шины наблюдаются отказы, связанные с диагональными и крестообразными разрушениями каркаса и брекера. Эксплуатация шин при пониженном давлении приводит к излому каркаса. При наездах с большой скоростью на высокие препятствия может произойти двойной разрыв каркаса — разрушение по боковой стенке и надбортовой части. Расслоение и разрушение каркаса и брекера связаны с расслоением резинокордного материала с последующим разлохмачиванием и разрывом нитей корда.

Расслоение может произойти как по границе резина — резина, так и по границе резина — корд. В первом случае поверхность раздела гладкая, во втором — видны оголения участков корда с одной стороны и отпечатки нитей корда с другой.

Такие дефекты сборки покрышек, как извилины, разрежения, складки нитей корда, а также удар от наезда на твердый предмет, приводят к локальным очагам разрыва каркаса покрышек.

Отказы, связанные с разрушением борта, часто происходят вследствие неправильного выполнения монтажно-демонтажных операций или при эксплуатации шин на технически неисправных ободах. Нарушение технологии монтажно-демонтажных операций, применение неисправного или нестандартного монтажного оборудования и инструментов приводят к срывам резинокордного материала и оголению бортовых колец, нарушению целостности бортовых колец и разрыву отдельных проволок или бортовых колец в целом. Эксплуатация шин на технически неисправных ободах приводит к перетиранию бортов и оголениям или отрывам бортовых колец. Разрыв каркаса в бортовой зоне происходит, как правило, из-за несоблюдения норм нагрузок и внутренних давлений или нарушения целостности бортовых колец при монтаже.

Главная причина сокращения долговечности шин — нарушение норм внутреннего давления и перегрузка шин. Исследования\* хозяйств показали, что 40...50% шин эксплуатируются с нарушением норм внутреннего давления, приводящим к потерям ресурса шин до 15...20%. Почти вдвое сокращается ресурс шин от неисправности мостов, связанной с деформацией полуосей и цапф. Ресурс шин, поврежденных при монтаже, ниже нормального на 15...20%. Неумелое вождение трактора — резкое трогание с места и торможение, чрезмерное буксование — приводит к сокращению ресурса шин на 10...15%.

### 5.3. ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Характер и интенсивность износа деталей ходовых систем тракторов во многом зависят от физико-механических свойств почвы, на которой их эксплуатируют. Одна из важнейших характеристик почв — ее механический состав, т. е. относительное содержание в ней частиц (механических элементов) различного размера. Механический элемент представляет собой обособленную минеральную, органоминеральную или органическую частицу, все молекулы и атомы которой находятся в химической взаимосвязи и не разделяются общепринятыми методами дезагрегации при подготовке образцов почвы к анализу.

Исходя из строения и преобладающего типа межзатомных связей среди минеральных образований, входящих в состав твердых частиц почвы, выделены следующие четыре группы соединений, различающихся по своим физико-химическим и механическим свойствам: минералы класса первичных силикатов, простые соли, глинистые минералы, органическое вещество и органоминеральные комплексы.

Кроме механического состава почвы, на интенсивность износа деталей ходовых систем существенное влияние оказывает состояние почвы, в частности ее влажность, а также действующее давление, что отражено в формуле

$$G = kp,$$

где  $G$  — интенсивность износа изделия;  $k$  — коэффициент пропорциональности;  $p$  — давление.

Между коэффициентом  $k$  и максимальной молекулярной влагоемкостью  $W_m$  существует определенная закономерность: те почвы, которые обладают большей интенсивностью изнаши-

---

\* Шины для сельскохозяйственных машин/Справочное пособие. — М.: Химия, 1980.

вания, имеют меньшее значение  $W_M$  и, наоборот, почвам с малой интенсивностью изнашивания соответствует большая  $W_M$  (табл. 31). Аналитически эта зависимость выражается уравнением

$$k = e^{-0,25W_M}$$

Изнашивающая способность почвы как одна из ее физико-механических характеристик может быть определена с помощью коэффициента изнашивающей способности  $m$  по формуле

$$m = \Delta l / \Delta l_{\text{эт}}$$

где  $\Delta l$  — интенсивность износа образца любой почвы;  $\Delta l_{\text{эт}}$  — интенсивность износа образца почвы, принятой за эталон.

### 31. Значения $W_M$ и $k$ в зависимости от типа почвы

Почва	$W_M$ , %	$k$ , мг/мин
Песок и легкая супесь	<5,5	902
Тяжелая супесь	5,5...8,0	480—200
Легкий суглинок	8,0...12,0	200...80
Средний суглинок	12,0...16,0	80...25
Тяжелый суглинок	16,0...24,0	25...5
Глина	24,0...26,0	5...2

За эталонную абразивную среду принят чистый кварцевый песок с размером частиц 0,25...0,30 мм и влажностью  $W = 0...2\%$ . Значения коэффициента изнашивающей способности различных типов почв, определенные при влажности 15%, представлены в таблице 32.

### 32. Значения коэффициента изнашивающей способности почв

Почва	Фракционный состав (%) при размерах частиц (мм)				Коэффициент $m$
	3,0...1,0	1,0...0,05	0,05...0,01	0,01...0,001	
Песок	—	100	—	—	2,75
Граница песчаной и легкой супеси	10	90	—	—	2,92
	—	86	4	10	2,12
	—	70	20	10	2,05
Граница легкой и тяжелой супеси	—	80	5	15	1,81
	—	53	32	15	1,70
Граница тяжелой супеси и легкого суглинка	—	70	10	20	1,50
	10	60	10	20	2,00
	—	50	30	20	1,38
	10	40	30	20	1,82



Почва	Фракционный состав (%) при размерах частиц (мм)				Кoeffициент <i>m</i>
	3,0...1,0	1,0...0,05	0,05...0,01	0,01...0,001	
Граница легкого и среднего суглинка	10	51	19	20	1,00
	10	41	19	30	1,62
	—	15	55	30	0,81
	10	5	55	30	1,43
Граница среднего и тяжелого суглинка	—	38	22	40	0,70
	10	28	22	40	1,48
	—	11	49	40	0,51
	10	1	49	40	1,25
Граница тяжелого суглинка и глинистой	—	28	22	50	0,57
	10	18	22	50	1,45
	—	8	42	50	0,42
	10	—	40	50	1,20
Граница глинистой и тяжелоглинистой	—	19	21	60	0,55
	10	9	21	60	1,43
	—	6	34	60	0,41
	10	—	30	60	1,18
Граница тяжелосуглинистой и сверхтяжелосуглинистой	—	10	20	70	0,50
	10	—	20	70	1,40
	—	3	27	70	0,37
	10	—	20	70	1,15

Износ деталей ходовых систем зависит от действия большого числа факторов. При этом факторы, характеризующие почвенно-климатические условия эксплуатации, оказывают наиболее существенное воздействие. Так, например, скорость изнашивания шарниров гусеницы обусловлена следующими основными факторами: нагрузкой в сопряжении палец—звено; скоростью перемещения поверхности звена относительно пальца, оцениваемой числом перегибов шарнира в единицу времени; содержанием абразива в почве; влажностью почвы; твердостью поверхности проушин и твердостью пальца. Наибольшее влияние на скорость износа оказывают влажность почвы, затем — скорость перемещения звена относительно пальца и абразивность почвы; наименьшее — твердость звена и пальца.

На интенсивность износа составных частей ходовых систем, не работающих в непосредственном контакте с почвой, влияет степень запыленности воздуха. Она зависит от многих факторов, в том числе от типа почвы, скорости воздушного потока, влажности воздуха, характера выполняемых трактором сельскохозяйственных работ. Уровень пылимости различных типов почв в зависимости от скорости воздушного потока представлен в таблице 33.

### 33. Пылимость сухих почв в зависимости от скорости воздушного потока

Почва	Пылимость (г/м <sup>2</sup> ) при скорости воздушного потока (м/с)				
	1	2	3	4	5
Рыхлый песок	—	77,5	72,5	145,0	467,5
Связный песок	—	—	20,0	72,5	232,5
Рыхлая супесь	—	—	17,5	117,5	362,5
Связная супесь	—	12,5	40	75	357,5
Легкий суглинок	35	62,5	97,5	202,5	570
Средний суглинок	—	—	10	40	125
Тяжелый суглинок	—	—	10	40	117,5
Легкая глина	—	—	10	40	115

Продолжение табл. 33

Почва	Пылимость (г/м <sup>2</sup> ) при скорости воздушного потока (м/с)				
	6	7	8	9	10
Рыхлый песок	632,5	2125	—	—	—
Связный песок	302,6	1060	2237	3912,5	—
Рыхлая супесь	470	1412,5	4850	—	—
Связная супесь	460	1982,5	4050	—	—
Легкий суглинок	707,5	1975	3837,5	—	—
Средний суглинок	170	362,5	800	1185	1712,5
Тяжелый суглинок	160	357,5	762,5	1217,5	1737,5
Легкая глина	155	205	385	650	1217,5

Пылимость почвы  $q_w$  с учетом влажности определяют по формуле

$$q_w = Qq,$$

где  $q$  — пылимость при воздушно-сухом состоянии;  $Q$  — коэффициент влияния влажности почвы на ее пылимость,

$$Q = 1 - 0,1W^x.$$

Здесь  $W$  — влажность почвы, %;  $x = 0,66$  (для песчаных и супесчаных почв) и  $x = 0,75$  (для суглинистых и глинистых почв).

Для скорости воздушного потока  $v_b$  до 5 м/с пылимость может быть подсчитана по формуле:

$$q = \frac{a + bv_b + cv_b^2}{6 - v_b},$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — коэффициенты, зависящие от типа почвы (см. ниже).

Почва	легкий суглинок	рыхлый песок	супесь	связный песок	тяжелый суглинок
$a$	40	1	1	1	1
$b$	25	3	1	1	1
$c$	22	18	14	9	5

Запыленность воздуха  $q_0$  на различных сельскохозяйственных работах определяют по эмпирической формуле

$$q_0 = \frac{0,2qKzQBH\lambda}{S_L(H - 0,3)} + 0,005,$$

где  $K$  – коэффициент рыхления почвы;  $z$  – коэффициент связности почвы;  $B$  – ширина вскрываемой полосы почвы при движении агрегата, м;  $\lambda$  – коэффициент влияния ветра на длину пылевого облака;  $H$  – высота слоя воздуха, в котором измеряют запыленность, м;  $S_L$  – площадь поперечного сечения пылевого облака на заданном расстоянии от движущейся машины, м<sup>2</sup> (пылевое облако имеет формулу усеченного конуса с углом при вершине  $\alpha$ )

$$S_L = \frac{\pi(B_{\text{агр}} + L \sin \alpha)^2}{4}.$$

Здесь  $B_{\text{агр}}$  – расстояние между крайними точками соприкосновения агрегата с почвой, м.

Значения коэффициентов  $K$ ,  $z$ ,  $\lambda$  и угла  $\alpha$  приведены ниже.

Состояние поля	пыльная проселочная дорога	свежеборонванное поле	свежеборонванное суглинистое поле	свежевспаханное поле	поле под посевом пропашных культур	пашня с травяным покровом, стерня и необработанное поле злаковых культур	луга и сеяные травы
$K$	1	0,8...0,6	0,6...0,2	0,3...0,2	0,2...0,1	0,01...0,001	0,001...0,0001

Почва	рыхлый песок	связный песок	рыхлая сушь	связная сушь	легкий суглинок	средний суглинок	тяжелый суглинок	легкая глина
$z$	0,62	0,96	1,00	0,80	0,46	1,00	1,00	1,00

Направление ветра	встречное	боковое	попутное
$\lambda$	0,5	1	2
$\alpha$ , град	3...4	4...5	4...6

По природно-климатическим условиям территория нашей страны разделена на 20 почвенно-климатических зон, а в крупных сельскохозяйственных зонах (Украинская ССР, Казахская ССР, Урал, Поволжье) выделены также подзоны. По

## 34. Группы почвенно-климатических зон по условиям эксплуатации пшн

Номер группы и ее краткая характеристика	Почвенно-климатическая зона	Поправочный коэффициент ресурса
<p>1. Климат характеризуется неустойчивым и недостаточным увлажнением со среднегодовым количеством осадков 200...500 мм. Рельеф полей ровный (угол наклона — до 2°). Средние длины гонов 800...1000 м. Участки площадью свыше 30 га составляют 70%. Поля в основном правильной конфигурации, препятствий — менее 1%. Почвы этой группы представлены в основном черноземами. Удельное сопротивление почв составляет 0,059...0,065 МПа. Основное направление сельского хозяйства — возделывание зерновых культур, кукурузы, свеклы и картофеля, а также садоводство и виноградарство.</p>	<p>Центрально-Черноземный и Северо-Кавказский (за исключением Дагестанской, Кабардино-Балкарской, Северо-Осетинской и Чечено-Ингушской АССР) районы РСФСР, Донецко-Приднепровский, Южный и Юго-Западный (за исключением горной части Закарпатской, Ивано-Франковской и Львовской областей) районы УССР, Молдавская ССР</p>	1,00
<p>2. Климат резко континентальный засушливый, с холодной и продолжительной зимой и жарким летом. Весенне-осенний период характеризуется иссушенностью почвы. Среднее количество годовых осадков 300...500 мм. Рельеф в основном равнинный (угол склона полей — до 2°). Площадь участков, как правило, 30 га и более. Средняя длина гонов 1000 м. Почвы — темно-каштановые карбонатные, распространены также черноземы. Удельное сопротивление почв составляет 0,055...0,080 МПа. Основное направление сельского хозяйства — зерновые яровые культуры.</p>	<p>Поволжский, Уральский (южная часть) и Западно-Сибирский районы РСФСР, Казахская ССР (степная часть)</p>	0,95

Номер группы и ее краткая характеристика	Почвенно-климатическая зона	Поправочный коэффициент ресурса
3. Климат континентальный, годовое количество осадков — 400...600 мм. Рельеф полей в основном выравненный (угол склона 2...3°). Длина гонов — 300...800 м. Засоренность полей камнями составляет до 1 м <sup>3</sup> /га. Преобладают дерново-подзолистые почвы. Основное направление сельского хозяйства — зерновые яровые культуры, выращивается лен и картофель.	Центральный, Волго-Вятский, Уральский (нечерноземная часть), Восточно-Сибирский и Дальневосточный районы РСФСР	0,90
4. Климат отличается умеренными зимами, затяжными весной и осенью, повышенным количеством осадков (600 мм и более). Средняя длина гонов — 300...400 м. Площадь большинства полей — до 3 га. Преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Засоренность полей камнями достигает 1,9 м <sup>3</sup> /га. Основное направление сельского хозяйства — выращивание льна и картофеля, молочное животноводство.	Северо-Западный район РСФСР, Прибалтийский район, Белорусская ССР	0,80
5. Климат отличается большой засушливостью (Средняя Азия) и повышенной влажностью (республики Закавказья). Характерны поля малых размеров. Участки до 3 га составляют от 4 до 60% длина гона — 150...350 м. Также характерны тяжелые горные дороги и повышенная каменистость почв. Почвы по механическому составу — глинистые и суглинистые.	Среднеазиатский район; Закавказский район; Юго-Западный район УССР (горная часть); Дагестанская, Кабардино-Балкарская, Северо-Осетинская, Чечено-Ингушская АССР; Казахская ССР (южная часть)	0,70

условиям эксплуатации, определяющим долговечность шин, все почвенно-климатические зоны и подзоны могут быть объединены в пять укрупненных групп (табл. 34).

Аналогичны оценки почвенно-климатических зон и для условий эксплуатации гусеничных движителей как с открытым, так и закрытым шарниром гусениц.

За базовую принята 1-я группа зон, эксплуатационный ресурс шин в которой принят за эталон. Ресурс шин в зонах остальных групп определяется с помощью поправочного коэффициента.

#### 5.4. ВОЗДЕЙСТВИЕ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ

Ходовые системы тракторов, соприкасаясь с почвой, в которую для обеспечения высокого урожая обычно вносится значительное количество минеральных удобрений, подвержены воздействию их коррозионной активности. Кроме этого, на составные части ходовых систем воздействуют и атмосферные осадки.

**Коррозия в среде минеральных удобрений.** Сопротивляемость материала воздействию коррозии в среде минерального удобрения оценивают по *относительной коррозионной стойкости*, равной отношению скорости коррозии эталонного образца к скорости коррозии испытуемого. Данные по относительной коррозионной стойкости различных марок стали и чугуна представлены в табл. 35. В качестве эталонного материала принята сталь марки Ст.3. Во всех удобрениях, кроме борнодатолита, коррозионная стойкость Ст.3 выше стойкости конструкционных сталей, что объясняется меньшим содержанием углерода и тем, что эти удобрения представляют собой кислую сре-

35. Относительная коррозионная стойкость материалов в среде минеральных удобрений

Удобрения	Марка стали							Чугун СЧ 15-32
	35	45	50	65	35Г	45Х	65Г	
Медный купорос	0,924	0,706	0,896	0,740	1,246	0,485	1,117	—
Сульфат аммония	0,807	0,815	0,979	0,689	0,675	0,544	0,519	—
Нитрофоска	0,945	0,901	0,898	0,911	0,930	0,660	0,860	—
Сильвинит	0,876	0,954	0,980	0,958	0,800	1,060	0,976	—
Аммиачная селитра	0,809	0,765	0,730	0,709	1,124	0,648	0,738	0,705
Простой суперфосфат	0,804	0,963	0,932	0,934	0,740	0,734	1,050	—
Мочевина	0,929	0,924	1,00	0,911	1,010	1,540	0,960	—
Гранулированный суперфосфат	0,791	0,963	0,930	0,940	0,783	0,727	1,063	—
Борат магния	0,394	0,377	0,360	0,355	0,280	0,268	0,375	—
Борнодатолит	1,277	1,092	1,148	1,081	1,113	1,143	1,193	1,04

ду ( $pH > 7$ ) с содержанием агрессивных анионов, разрушающих пленку окислов и препятствующих пассивации стали.

Увеличение скорости коррозии в минеральных удобрениях с ростом содержания углерода в сталях объясняется связанностью углерода в цементит ( $Fe_3C$ ), составляющий эффективные катодные включения. При этом в стали существенно увеличивается катодная площадь на ее поверхности, что ведет к ускорению катодного процесса, а следовательно, и к повышению скорости коррозии. При коррозии в борнодатолите наблюдается явление пассивации.

Стали с большим содержанием углерода пассивируются легче и поэтому корродируют меньше.

Коррозионная стойкость сталей зависит не только от агрессивности внешней среды, но и от свойств самого металла. В одной и той же среде различные марки сталей в зависимости от чистоты обработки поверхности корродируют по-разному (табл. 36). Как видно из этой таблицы, с повышением качества обработки поверхности коррозионная стойкость сталей 65Г и 35Г увеличивается, а стойкость остальных сталей — уменьшается. Это связано с различной стойкостью окисных пленок, образующихся на металлах, и способностью металлов к пассивации. Таким образом, в слабоагрессивных удобрениях коррозионная стойкость стали понижается с понижением класса шероховатости поверхности; в сильноагрессивных удобрениях, наоборот, чем выше будет класс чистоты обработки поверхности, тем сильнее будет происходить коррозия.

### 36. Влияние чистоты обработки поверхности на коррозию сталей в аммиачной селитре

Марка стали	Коррозия ( $г/м^2 \cdot год$ )			
	состояние поставки	$R_{z160}$ √	$R_{z40}$ √	$R_{z1,25}$ √
Ст.3	233,0	245,6	265,4	286,7
Ст.5	299,7	310,3	330,5	451,6
35	442,0	482,7	505,2	535,2
45	509,4	516,2	529,3	537,0
50	309,5	390,1	450,7	518,2
35Г	355,5	347,0	339,8	332,1
65Г	541,1	502,8	488,6	465,1
45Х	367,1	378,1	382,4	401,7

Кроме коррозионной активности, минеральные удобрения обладают определенной твердостью и изнашивающей способностью (табл. 37). Изнашивающая способность определяется при влажности, соответствующей максимальному износу. В качестве эталонного удобрения принята мочеви́на, обладающая наименьшей изнашивающей способностью. Из таблицы 37 видно, что наибольшей изнашивающей способностью обладают

### 37. Твердость и изнашивающая способность минеральных удобрений

Удобрения	Условия определения и уровень микротвердости			Коэффициент изнашивающей способности $m$
	размер частиц, мм	нагрузка, Н	микротвердость, МПа	
Фосфоритная мука	0,05...0,1	0,50	300	20
Борат магния	0,5...1,0	0,10	40	1,2
Сильвинит	0,05...0,2	0,10	35	11
Сульфат аммония	0,10...0,50	0,10	28	18
Гранулированный суперфосфат	0,50...3,0	0,10	30	8
Борнатоолит	0,50...1,0	0,05	17	14
Простой суперфосфат	0,05...1,0	0,10	12	12
Мочевина	0,05...0,1	0,05	9	1
Аммиачная селитра	0,20...1,0	0,05	5	17

фосфоритная мука, сульфат аммония, аммиачная селитра; наименьшей — мочевина, борат магния, гранулированный суперфосфат. Фосфоритная мука, представляющая собой нерастворимое удобрение, коррозионной активностью не обладает, ее изнашивающее воздействие определяется абразивной способностью частиц.

При изнашивании в коррозионно-активных удобрениях (сульфате аммония и аммиачной селитре), абразивность которых невелика, интенсивность износа определяется главным образом коррозионной активностью этих удобрений. Наименьшим изнашивающим воздействием обладают борат магния и мочевина, коррозионная активность и абразивность которых невелика.

### 38. Относительная износостойкость материалов в среде минеральных удобрений

Удобрения	Марка стали				Чугун СЧ 12-28
	35	45	65Г	У8	
Фосфоритная мука ( $W = 10\%$ )	1,27	1,30	1,51	1,35	3,16
Сильвинит ( $W = 3\%$ )	1,16	1,20	1,03	1,04	2,21
Суперфосфат ( $W = 8\%$ )	0,71	0,94	1,22	1,19	1,78
Борнатоолит ( $W = 3\%$ )	1,05	1,47	1,80	2,07	4,97
Аммиачная селитра ( $W = 3\%$ )	0,95	0,94	1,23	1,15	75,00
Сульфат аммония ( $W = 4\%$ )	0,97	0,95	1,28	1,63	28,60



Относительная износостойкость различных материалов в среде минеральных удобрений представлена в таблице 38. Как видно, при изнашивании в химически неактивной фосфоритной муке и борнодатолите, обладающих малой коррозионной активностью, износостойкость сталей возрастает с увеличением содержания углерода. При изнашивании в суперфосфате, аммиачной селитре и сульфате аммония, обладающих повышенной коррозионной активностью, наблюдается обратное явление: с увеличением содержания углерода износостойкость сталей уменьшается. Это объясняется интенсивным разрушением металла за счет коррозии, которая в активных средах увеличивается с повышением содержания углерода, служащим катодным включением. Из таблицы видно также, что износостойкость чугуна ниже износостойкости сталей во всех удобрениях, кроме борнодатолита.

**Атмосферная коррозия** наблюдается на поверхности металла, покрытого тонкой пленкой влаги. Поэтому для оценки опасности атмосферной коррозии важнейшее значение имеет учет степени и длительности увлажнения поверхности металла. Увлажнение поверхности металла приводит к образованию либо фазовых пленок влаги, либо адсорбционных. Образование фазовых пленок происходит при попадании на поверхность металла капельно-жидкой влаги или при относительной влажности, близкой к 100%. Адсорбционная пленка возникает в результате конденсации влаги при относительной влажности порядка 60...70%.

### 39. Скорость коррозии сталей в зависимости от способа и продолжительности хранения

Марка стали	Коррозия (г/м <sup>2</sup> ) при хранении								
	в закрытом помещении, мес			на открытой площадке, мес			на поверхности почвы, мес		
	4	12	20	4	12	20	4	12	20
Ст.3	3	40	64	60	175	316	135	210	360
45	2	35	60	55	170	300	120	180	340
65Г	1	30	54	50	100	220	120	170	280

Влияние атмосферной коррозии весьма ощутимо сказывается на деталях ходовых систем тракторов при хранении, когда скорость коррозии сталей зависит от способа и продолжительности хранения (табл. 39). Как видно, разница в величине коррозии сталей при различных способах хранения значительная. Наибольшая коррозионная активность наблюдается на поверхности почвы, наименьшая — в закрытом помещении. На открытой площадке над почвой она несколько меньше, чем на поверхности почвы, но гораздо больше, чем в закрытом помещении. Скорость коррозии сталей на открытой площадке

над почвой и на поверхности почвы соответственно в 4,7 и 5,3 раза выше, чем в закрытом помещении.

При атмосферной коррозии возможна анодная пассивация сталей. В таких случаях наличие катодных включений увеличивает анодную поляризацию остального анодного фона и вследствие изменения его потенциала в сторону более положительных значений способствует большей легкости пассивации и устойчивости такого состояния. Поэтому стали 45 и 65Г вследствие большего содержания углерода обладают и более высокой коррозионной стойкостью по сравнению с Ст 3.

При эксплуатации тракторов коррозионное воздействие протекает с абразивным изнашиванием деталей ходовых систем. Влияние коррозионного воздействия  $K$  на интенсивность абразивного изнашивания  $I_k$  сталей можно оценить по следующей формуле:

$$I_k = aK^2 + bK + c,$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  — коэффициенты, значения которых приведены в таблице 40.

#### 40. Значения коэффициентов $a$ , $b$ и $c$

Марка стали	Коэффициенты	Способы хранения		
		в закрытом помещении	на открытой площадке над почвой	на поверхности почвы
Ст 3	$a$	-0,0004	-0,0001	-0,00007
	$b$	0,06	0,07	0,05
	$c$	4,14	4,14	4,14
45	$a$	-0,0005	0,0001	0,00004
	$b$	0,06	0,02	0,03
	$c$	3,6	3,6	3,6
65Г	$a$	0,001	0,000009	0,00001
	$b$	0,02	0,04	0,06
	$c$	3,14	3,14	3,14

#### 41. Влияние типа площадки, способа и длительности хранения на глубину коррозионных повреждений стали 45

Тип открытой площадки	Глубина язв и питтингов, мм					
	на поверхности площадки при хранении в течение		на высоте 15 см при хранении в течение		на высоте 30 см при хранении в течение	
	6 мес	10 мес	6 мес	10 мес	6 мес	10 мес
Асфальтированная	0,138	0,165	0,110	0,124	0,084	0,123
Бульжная	0,158	0,180	0,117	0,128	0,093	0,126
Гравийная	0,178	0,205	0,118	0,129	0,100	0,128
Шлаковая	0,248	0,257	0,120	0,130	0,102	0,129
Травянистая	0,270	0,290	0,128	0,138	0,110	0,135

Преобладание открытого способа хранения тракторов в хозяйствах предъявляет повышенные требования к выбору типов площадок для хранения. При этом необходимо учитывать, что наибольшие коррозионные поражения стальных деталей наблюдаются на площадках с травянистым и шлаковым покрытием, наименьшие — на асфальтированной и булыжной площадках (табл. 41).

В результате коррозии снижается механическая прочность деталей ходовых систем, а детали с накопленными прочностными повреждениями изнашиваются более интенсивно. В этом случае особенно опасен коррозионно-механический износ, на развитие которого существенно влияет окружающая среда. Агрессивность воздействия окружающей среды при эксплуатации сельскохозяйственных тракторов усугубляется наличием удобрений в почве.

Методы защиты от коррозии можно разделить на конструкционные, защитные покрытия и электрохимическую защиту. При рациональном конструировании особое внимание должно быть уделено подбору материалов, особенно для деталей наиболее ответственного назначения. Эффективная защита от коррозии обеспечивается также правильной эксплуатацией тракторов, своевременным обслуживанием ходовой системы. Значительную роль в решении задач повышения надежности машин, и в частности их ходовых систем, играют гальванические покрытия, с помощью которых можно получить в 2...3 раза большую антикоррозионную стойкость, чем при лакокрасочных покрытиях.

## 6.1. ПАРАМЕТРЫ ВЫБРАКОВКИ

Согласно ГОСТ 18524—80, составные части ходовых систем тракторов подлежат выбраковке и сдаче в ремонт при достижении ими предельного состояния. Совокупность признаков предельного состояния объекта, установленных в нормативно-технической или конструкторской документации, определяет критерии предельного состояния (РТМ 70.0001.246—84).

Критериями определяются условия, при которых доремонтный и межремонтный ресурс деталей и узлов считается исчерпанным, а ремонт — капитальным.

Предельное состояние изделия выявляется на основе контроля его технического состояния по ресурсным параметрам при диагностировании трактора и его составных частей перед ТО-3 или при сложных отказах составных частей, устранение последствий которых связано с демонтажом и разборкой. Значения параметров, определяющих предельное состояние изделия, устанавливаются по действующей нормативно-технической документации на диагностирование, текущий и капитальный ремонты.

Составные части ходовой системы тракторов подлежат отправке в ремонт при превышении значений параметров, указанных в таблице 42, или при достижении технического состояния, оговоренного соответствующими признаками (критериями) предельного состояния (табл. 43).

Остаточный ресурс и связанные с этим сроки постановки на ремонт некоторых составных частей ходовой системы можно определить по диагностируемым параметрам, используя таблицы 44 и 45. При этом остаточный ресурс определяют в следующем порядке.

В таблице для контролируемого параметра в строке для трактора соответствующей марки выбирают значение параметра, ближайшее к измеренному; в графе «Остаточный ресурс» для указанного значения параметра находят цифру в строке, соответствующей наработке, ближайшей к той, при которой находили значение параметра. Эта цифра и укажет остаточный ресурс агрегата.

Данные по предельному износу протекторов шин ведущих и направляющих колес тракторов представлены в таблице 46. Производительность тракторов с шинами, износ которых

**42. Параметры предельного состояния ходовой системы гусеничных тракторов ( $D_1 = 100...150$  моточасов;  $D_2 = 400...600$  моточасов)**

Параметр	Допускаемые значения (мм) для тракторов							
	Т-4А		Т-130, Т-100М		Т-150, ДТ-75, ДТ-75М		Т-70С	
	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$
Толщина беговых дорожек натяжного колеса (не менее)	6,5	7,5	8	9	9	10	5,5*	6,5*
Расстояние между беговыми поверхностями направляющей части натяжного колеса (не менее)	69	72	86	90	14**	16**	30	32
Наружный диаметр опорных катков (не менее)	172	182	195	206	12***	14***	196	207
Толщина буртов опорных катков (не менее):								
наружных	10,5	11,5	12,5	13,5	—	—	—	—
внутренних	6,5	7,5	10	11	—	—	—	—
Диаметр беговых дорожек поддерживающих роликов (не менее)	159	163	144	153	178	188	196	207
Толщина буртов беговой дорожки поддерживающего ролика (не менее)	59****	70****	11	12	—	—	—	—

Параметр	Допускаемые значения (мм) для тракторов							
	Т-4А		Т-130, Т-100М		Т-150, ДТ-75, ДТ-75М		Т-70С	
	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$
Осевой зазор натяжного колеса и опорного катка (не более)	2,2	2,0	3,0	2,7	1,3	1,0	1,3	1,0
Осевой зазор поддерживающего ролика (не более)	1,0	0,7	3,0	2,7	2,0	1,8	1,3	1,0
Радиальный зазор между втулками и цапфой каретки	—	—	—	—	2,7	2,2	—	—
Осевое перемещение каретки (не более)	—	—	—	—	2,7	2,2	—	—
Радиальный зазор между втулками и осью качения балансиров каретки (не более)	—	—	—	—	3,4	3,8	—	—

\* Размер реборды натяжного колеса.

\*\* Ширина обода колеса.

\*\*\* Толщина обода колеса.

\*\*\*\* Расстояние между наружными боковыми поверхностями буртов.

### 43. Технические признаки (критерии) предельного состояния\* сборочных единиц ходовой системы

Составные части	Признаки (критерии) предельного состояния
Подвеска гусеничного трактора: тележка	Предельное состояние хотя бы одной тележки или не менее двух балансирных кареток  Предельное состояние сварной рамы: трещины поперечных брусьев и их сварных соединений, в том числе с несущими кронштейнами, длиной более 40 % периметра сечения. Предельный износ, трещины или разрушения более 50 % ободов опорных катков или посадочных мест под подшипники
Балансирная каретка	Предельный износ или разрушение оси качания или хотя бы одного балансира. Предельное состояние не менее трех опорных катков на разных осях, определяемое износом ободов, либо их сколом на длине более 150 мм, либо трещинами двух и более спиц
Направляющее колесо в сборе	Предельный износ обода или посадочных мест под подшипники, скол борта обода на длине более 200 мм, трещины не менее чем на трех спицах
Полотно гусеницы в сборе	Предельное увеличение шага гусеницы (см. ниже). Для гусеничных полотен с открытыми шарнирами данный критерий используется при работе со вторым комплектом, а на высокоабразивных почвах — при работе с третьим комплектом пальцев. Предельное состояние (разрушение, износ дорожек) более 20 % звеньев
Шины	Износ протектора по высоте более чем на 80 % Разрушение каркаса шины или расслоение корда

\* Условие достижения предельного состояния впадин зубьев ведущих колес — состояние, когда длина десяти звеньев гусеницы не достигла предельного значения, но при движении трактора цевка выходящего из зацепления с колесом звена упирается в тыльную сторону зуба.

Трактор	Т-4А	Т-130	Т-150, ДТ-75, ДТ-75М	Т-70С
Предельная длина 10 звеньев натянутой ветви гусеничной цепи, мм	1800	2110	1900	1870

## 44. Определение остаточного ресурса переднего моста трактора МТЗ-82

Наработка, моточасы	Остаточный ресурс* (моточасы) при угловых зазорах** в редукторах ведущего моста (град)						
	A = 52 B = 4,1 C = 21	A = 50 B = 3,9 C = 20	A = 48 B = 3,7 C = 19	A = 46 B = 3,5 C = 18	A = 44 B = 3,3 C = 17	A = 42 B = 3,2 C = 16	A = 40 B = 3,0 C = 15
1500	100/(90...140)	170/(140...290)	250/(180...320)	370/(300...720)	550/(500...720)	770/(710...960)	940/ (880...1000)
2000	100/(90...160)	180/(160...320)	270/(200...530)	440/(380...760)	670/ (610...1000)	960/ (830...1000)	—
2500	100/(100...186)	190/(170...360)	290/(220...580)	500/(440...820)	760/ (700...1000)	—	—
3000	110/(100...196)	200/(180...390)	310/(240...630)	560/(490...890)	840/ (760...1000)	—	—
3500	110/(100...200)	210/(190...420)	330/(250...670)	600/ (520...1000)	880/ (770...1000)	—	—
4000	110/(110...220)	230/(200...460)	350/(260...720)	630/ (540...1000)	900/ (780...1000)	—	—

\* В числителе — значение остаточного ресурса при ремонте данного агрегата, в знаменателе — интервал остаточного ресурса при попутном ремонте данного агрегата с другими.

\*\* A — суммарный угловой зазор; B — угловой зазор в верхнем коническом редукторе; C — угловой зазор в нижнем коническом редукторе.



## 45. Определение остаточного ресурса кареток подвески тракторов ДТ-75М и ДТ-75

Наработка, моточасы	Остаточный ресурс* (моточасы) при радиальном зазоре между втулками балансира и осью качания (мм)				
	3,6	3,2	3,8	2,4	2,0
1500	80/(70...80)	190/(170...280)	390/(340...570)	680/(600...910)	950/(820...1000)
2000	90/(70...100)	240/(220...340)	560/(460...690)	820/(730...1000)	-/986...1000)
2500	100/(180...140)	280/(250...400)	630/(560...860)	940/(880...1000)	-
3000	100/(90...160)	320/(290...480)	700/(640...990)	-	-
3500	110/(100...170)	350/(320...570)	780/(730...1000)	-	-
4000	120/(100...190)	380/(350...680)	860/(800...1000)	-	-
4500	120/(110...200)	400/(350...760)	940/(860...1000)	-	-
5000	130/(110...210)	420/(410...820)	1000/(910...1000)	-	-

\* В числителе – значение остаточного ресурса при ремонте данного агрегата, в знаменателе – интервал остаточного ресурса при попутном ремонте данного агрегата с другими.

#### 46. Предельный износ протекторов шин

Трактор	Индексация шин		Номинальная высота грунтозацепов, мм	Предельно допустимый износ грунтозацепов, мм
	обозначение	модель		
<i>Ведущие колеса</i>				
К-701	28,1 R26	ФД-12	45	36...38
К-700А	28,1-26	Я-291	45	36...38
К-700	23,1-26	Я-242АБ	50	40...43
Т-150КМ	23,1 R26	ФД-37	47	37...40
Т-150К	21,3 R24	ФД-14А	38	31...33
МТЗ-80Х	18,4-30	Я-319	38	30...31
МТЗ-80,	15,5 R38	Ф-2А	33	28...30
МТЗ-82,	15,5-38	Ф-2АД	34	27...29
ЮМЗ-6				
Т-40, Т-40М, Т-40АМ	13,6 R38	Я-261	35	28...30
Т-25, Т-25А, Т-16М	11,2-28	В-38	35	28...30
<i>Направляющие колеса</i>				
МТЗ-80	9,0-20	ВФ-223	23	19...21
Т-40, Т-40М	6,50-16	Я-275А	20	16...18
Т-25, Т-25А Т-16М	6,00-16	Л-225	17	13...15

превышает предельный, на 10...11% ниже, чем у тракторов с неизношенными шинами. При этом буксование ведущих колес выше на 19...20%, погектарный расход топлива — на 20...22%, а прямые затраты на один условный эталонный гектар выше на 18...20%. Кроме этого, эффективность возможного восстановления шин при их эксплуатации после достижения предельного износа резко падает и во многих случаях восстановительный ремонт таких шин становится нецелесообразным.

Выбракованные шины в зависимости от их технического состояния подлежат местному, восстановительному ремонту или списанию. При этом определяет техническое состояние шин, принимает решения по результатам технической экспертизы и оформляет соответствующие документы постоянная комиссия, назначаемая руководителем хозяйства. В ее состав должны входить главный инженер или инженер по эксплуатации техники, а также бригадир тракторной бригады.

Местному ремонту подвергаются покрышки с незначительными износом рисунка и повреждениями каркаса. Применяют два вида местного ремонта с разграничением покрышек по посадочному диаметру на покрышки до 508 мм включи-

тельно и свыше (табл. 47). По первому виду ремонтируют покрышки со сквозными проколами каркаса размером не более 10 мм, по второму виду — покрышки, которые наряду с указанными повреждениями имеют более значительные несквозные или сквозные повреждения каркаса.

Восстановительному ремонту методом наложения нового протектора подвергаются покрышки с износом протектора больше предельно допустимого значения (см. табл. 46). Характер повреждений покрышек диагональной и радиальной конструкции с различным посадочным диаметром, устаняемый наложением нового протектора (восстановительным ремонтом первой и второй группы) указан в таблице 48. Таким образом, покрышки с износом рисунка протектора, не имеющие, кроме проколов, сквозных повреждений каркаса, подвергаются ремонту первой группы, а имеющие сквозные повреждения — второй группы.

Местному и восстановительному ремонту не подлежат покрышки со следующими особенностями:

— число и размеры повреждений каркаса или брекера не соответствуют требованиям, указанным в таблицах 47 и 48;

— в металлическом сердечнике борта имеются изломы, оголения или разрушения, борта вытянуты (деформированы), каркас с повреждениями, расположенными на расстоянии менее 70 мм от пятки борта и требующими его вскрытия при ремонте;

— во внутренних слоях каркаса имеются кольцевые изломы или разрушения с расслоением каркаса и брекера;

— на покровной резине наблюдаются затвердения, растрескивание в виде мелкой сетки, глубокие трещины или другие явные признаки старения;

— покрышки пропитаны маслом, керосином, нефтью или другими веществами, вызывающими набухание резины;

— покрышки загрязнены бетоном, асфальтом или другими материалами, не поддающимися очистке.

В утиль списывают покрышки, непригодные к ремонту и восстановлению. Решение о списании выносит та же комиссия хозяйства, которая проводит экспертизу шин, оформляя соответствующую документацию. Списывают покрышки после их осмотра, при котором определяют:

степень износа протектора, число, характер и размеры сквозных и несквозных повреждений;

наличие трещин по протектору и в боковинах;

целостность бортовых колец;

наличие кольцевых изломов, расслоений, перетираний и разрывов нитей корда и других дефектов, характеризующих состояние каркаса внутри покрышки.

Наработка покрышкой гарантийной нормы не может быть причиной для списания, если ее техническое состояние обеспечивает дальнейшую эксплуатацию. При списании покрышки

## 47. Характер повреждений покрышек, устраняемых местным ремонтом

Повреждения	Вид местного ремонта			
	первый с посадочным диаметром покрытий		второй с посадочным диаметром покрытий	
	≤ 508 мм	> 508 мм	≤ 508 мм	> 508 мм
Проколы каркаса размером до 10 мм			Без ограничений	
Порезы, разрывы, частичный износ покровной резины боковых и бортовых лент без оголения корда, отслоения и других механических повреждений			Без ограничений	
Наружные или внутренние повреждения не более одного слоя корда каркаса у четырехслойных покрышек и не более двух слоев корда у шестидесятислойных покрышек с размером до, мм	100	200	150	250
При общей площади повреждений, части поверхности	1/5	1/5	1/3	1/4
При расстоянии между отдельными повреждениями более, мм	300	300	200	200
Сквозные и несквозные наружные и внутренние повреждения более одного слоя корда каркаса у четырехслойных покрышек и более двух слоев корда у шести-...десятислойных покрышек			Не устраняются	Одно сквозное и одно несквозное или два несквозных повреждения размерами до 90 мм 200 мм для покрышек с шириной профиля менее 152 мм 381 мм и размерами до 250 мм (для остальных покрышек) более 152 мм) при расстоянии между повреждениями более 1/5 длины окружности покрышки

**48. Характер повреждений покрышек различного посадочного диаметра, устраняемый восстановительным ремонтом методом наложения нового протектора**

Повреждения	Группа восстановления			
	первая при посадочном диаметре покрышки		вторая при посадочном диаметре покрышки	
	< 508 мм	> 508 мм	< 508 мм	> 508 мм

Износ, отслоения, порезы протектора и боковин, повреждение бортовых лент без повреждения корда

Без ограничений

Сквозные проколы диаметром до 10 мм

Не более пяти при расстоянии между проколами более 100 мм

Не более 10 при расстоянии между проколами более 100 мм

Без ограничений

Местное оголение или износ брекера без повреждений каркаса

Не более двух размером до 75 мм

Без ограничений

На 1/5 длины окружности покрышки

Без ограничений

Внутренние или наружные повреждения каркаса не более одного слоя корда у четырехслойных покрышек и не более двух слоев у шести...десятислойных покрышек

Не более двух наружных повреждений размер до 50 мм

Не более двух размером до 200 мм

Не более трех размером до 100 мм

Для диагональной конструкции: на 1/5 длины окружности покрышки. Для радиальной конструкции: от одного до трех верхних слоев брекера общей длиной до 200 мм и одно повреждение остальных слоев брекера размером до 75 мм

Сквозные и несквозные повреждения каркаса более одного слоя корда у четырехслойных и более двух слоев у шести...десятислойных покрышек

Не устраняется

Не более двух наружных повреждений размер до 150 мм

Одно сквозное и несквозное повреждения размером до 75 мм

Для диагональной конструкции: не более трех повреждений размером до 250 мм.

Для радиальной конструкции: одно повреждение размерами: до 150 мм — вдоль нитей корда и до 75 мм — поперек нитей корда (без повреждения брекера)

с наработкой ниже гарантийной нормы комиссия должна установить причину недопробега.

Если причина заключается в нарушении эксплуатации трактора, то должны быть установлены виновные для привлечения их к ответственности.

При выявлении производственной причины комиссия составляет акт для предъявления рекламации заводу-изготовителю шин. Акты составляют в произвольной форме с указанием полного серийного номера, наработки и причины выхода из эксплуатации покрышек.

Рекламации рассматриваются заводом-изготовителем только при условии соблюдения всех правил эксплуатации шин, представления учетных карточек, а также самих покрышек. Предъявлять рекламацию можно в течении трех лет с момента изготовления покрышек.

## 6.2. ПЛАНИРОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

**Экономическое обоснование.** В номенклатуру восстановления включают детали ходовой системы, ремонт которых технически возможен и экономически целесообразен.

Для расчета экономической целесообразности восстановления деталей определяют *критерий эффективности ремонта*  $K_y$ , представляющий собой удельные издержки в расчете на единицу работы или ресурса, связанные с поддержанием ходовой системы в работоспособном состоянии.

$$K_y = \frac{C_n - C_{ост}}{T_n},$$

где  $C_n$  — стоимость новой детали с учетом всех торгово-заготовительных и транспортных расходов, руб.;  $C_{ост}$  — остаточная стоимость детали к моменту ее ремонта или выбраковки, руб.;  $T_n$  — ресурс новой детали до очередного ремонтного воздействия или выбраковки, мото-часы.

После выбора технологического способа восстановления определяют действительный критерий эффективности ремонта  $K_p$  по формуле

$$K_p = \frac{C_{ост1} + C_p + E_n K_y - C_{ост2}}{T_p},$$

где  $C_{ост1}$  — остаточная стоимость детали с учетом всех транспортно-заготовительных расходов (стоимость ремонтного фонда);  $C_p$  — себестоимость восстановления;  $C_{ост2}$  — остаточная стоимость детали в конце межремонтного срока;  $K_y$  — удельные капитальные вложения на одну деталь;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;  $T_p$  — срок службы детали после восстановления.

Если  $K_p \leq K_z$ , то восстанавливать деталь экономически целесообразно.

**Создание рабочих мест и участков.** После того, как установлена экономическая целесообразность восстановления, обосновывается необходимость создания соответствующих рабочих мест и участков. Для этого определяется годовой экономический эффект, который можно получить от создания участка по восстановлению деталей ходовой системы.

$$\mathcal{E}_r = \left[ \Pi_1 - \left( \frac{T_n}{T_p} C_p + C_{\text{ост}} + E_n K_y \right) \right] O_{\text{пр}}, \quad (17)$$

где  $\Pi_1$  — цена новой детали с учетом всех расходов на доставку, заготовку и за вычетом стоимости металлического лома ( $\Pi_1 = \Pi_n K$ , где  $\Pi_n$  — цена детали по прейскуранту, руб.,  $K = 1,10$ );  $T_n$  и  $T_p$  — ресурс новой и восстановленной деталей, моточасы;  $C_p$  — себестоимость восстановления детали рассматриваемым технологическим способом, руб.;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;  $K_y$  — удельные капиталовложения в расчете на одну деталь;  $O_{\text{пр}}$  — объем производства деталей.

Рассчитывая по формуле (17)  $\mathcal{E}_r$  для различных деталей, можно выявить очередность организации участков для их восстановления. Сначала необходимо создавать рабочие места и участки для восстановления тех деталей, использование которых обеспечивает получение максимального экономического эффекта. Затем в зависимости от эффекта устанавливается очередность, определяющую хозяйственную целесообразность создания рабочих мест и участков для восстановления других деталей.

**Рентабельность работ**, связанных с восстановлением, оценивают, определяя плановую себестоимость восстановления деталей

$$C_{\Pi} = C_{\text{р.ф}} + C_{\text{м}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{д}} + H_{\text{с.с}} + O_{\text{Пр}} + O_{\text{Хр}} + ВП_{\text{р}}$$

где  $C_{\text{р.ф}}$  — стоимость ремонтного фонда с учетом затрат на заготовку, руб.;  $C_{\text{м}}$  — затраты на ремонтные материалы, руб.;  $Z_{\text{о}}$  — основная заработная плата, руб.;  $Z_{\text{д}}$  — дополнительная заработная плата, руб.;  $H_{\text{с.с}}$  — начисления по соцстраху (4,4%);  $O_{\text{Пр}}$  — общепроизводственные расходы, руб.;  $O_{\text{Хр}}$  — общехозяйственные расходы, руб.;  $ВП_{\text{р}}$  — внепроизводственные расходы, руб.

Стоимость ремонтного фонда определяется фактическими затратами на его заготовку или в соответствии с ценами на покупку изношенных деталей по прейскуранту. На основе принятой технологии восстановления определяют трудоемкость работ и разряд рабочих, выполняющих эту работу.

Важная составная часть себестоимости восстановления изношенных деталей — основная зарплата, определяемая по тру-

доемкости выполняемых операций. Восстановление изделий во многих случаях может быть экономически выгодным или невыгодным в зависимости от того, на сколько точно обоснованы нормы времени.

Трудоемкость восстановления зависит от режимов работы (скорости и шага наплавки, силы тока, коэффициента наплавки и др.), времени на обслуживание рабочего места, подготовки оборудования к работе, размера партии одновременно восстанавливаемых деталей. Усредненные значения основного времени, позволяющие провести сравнительную оценку способов наплавки по производительности, приведены ниже.

Способ наплавки	Основное время на наплавку 1 кг металла, с
порошковой проволокой	900
вибродуговая	1980
в среде CO <sub>2</sub> (прямая полярность)	906
в среде CO <sub>2</sub> (обратная полярность)	1380
в среде природного газа	8760
под слоем флюса	908
электрошлаковая	498

Нормативы основного времени для наплавки в каждом конкретном случае необходимо определять на основании режимов работы, а вспомогательного и подготовительно-заключительного времени — на основании утвержденных нормативов. Если же таковые отсутствуют, то по данным фотохронометражных наблюдений.

Трудоемкость восстановления зависит также и от того, какие дополнительные операции необходимо выполнить после

#### 49. Технологическая себестоимость различных способов наплавки

Способ наплавки	Примерная технологическая себестоимость наплавки 1 кг металла, коп.				
	общая	затраты на материалы	зарплата с отчислениями	затраты на электроэнергию	содержание и эксплуатация оборудования
Вибродуговой	202	38	75	7	82
В среде CO <sub>2</sub>	173	71	47	4	51
Порошковыми проволоками	240	144	44	4	48
Под слоем флюса	172	67	46	7	52
В среде природного газа	107	35	33	3	36



наплавки. Так, наплавка под слоем флюса позволяет получить относительно небольшой дефектный слой. После же наплавки порошковыми проволоками глубина дефектного слоя составляет до 2 мм.

Удаление такого слоя значительно увеличивает трудоемкость работ и, соответственно себестоимость восстановления.

Один из наиболее важных экономических показателей — технологическая себестоимость наплавки 1 кг металла (табл. 49).

**Выбор наиболее рационального способа восстановления** необходимо проводить на основе технико-экономического анализа деталей. Сравнивать способы восстановления следует по текущим затратам, поскольку единовременные затраты во всех случаях отличаются незначительно. Любой способ требует применения материалов определенного состава и разной стоимости. Например, более дороги наплавочные проволоки малых диаметров.

Поэтому экономически выгодно, если позволяет технология, применять проволоки больших диаметров. По сравнению со стальными проволоками сплошного сечения более дорогостоящие — порошковые. Они имеют также и повышенный расход на единицу наплавленного металла. Флюсы — более дорогие защитные средства, чем углекислый и природный газ, а также кислород.

Совокупные затраты на материалы зависят не только от их стоимости, но и от расхода на единицу поверхности или объема. Наибольшими они будут при наплавке порошковыми проволоками под слоем флюса или в среде  $\text{CO}_2$ .

Окончательный экономический анализ различных способов восстановления должен базироваться на оценке полной себестоимости.

**Годовой объем восстановления деталей**  $A_v$  каждого наименования рассчитывают по формуле:

$$A_v = N\Pi_p K_v,$$

где  $N$  — число деталей одного наименования на одном тракторе;  $\Pi_p$  — число приведенных ремонтов ходовой системы тракторов в год;  $K_v$  — коэффициент восстановления.

Число приведенных ремонтов

$$\Pi_p = \Pi_k + \Pi_T K_{ox},$$

где  $\Pi_k$  — число капитальных ремонтов ходовой системы тракторов данной марки;  $\Pi_T$  — число текущих ремонтов ходовой системы тракторов той же марки;  $K_{ox}$  — коэффициент охвата ремонтом деталей тракторов, на которых они установлены, от общего расчетного числа текущих ремонтов ходовой системы.

Ремонтный фонд деталей  $\Phi_p$ , необходимый для получения требуемого объема восстановления  $A_v$ , определяют по формуле

$$\Phi_p = \frac{A_v}{K_r},$$

где  $K_r$  — выход годных деталей после восстановления.

Широко распространено (особенно на небольших предприятиях) восстановление деталей партиями. В условиях ремонтного производства объем партии  $W_n$  определяют из условия обеспечения достаточно эффективного (во времени) использования оборудования для ведущих операций технологии восстановления

$$W_n = \frac{T_{п.з}}{\alpha T_0}, \quad (18)$$

где  $T_{п.з}$  — подготовительно-заключительное время на ведущую операцию, мин;  $\alpha$  — коэффициент допустимых потерь на подготовительно-заключительное время;  $T_0$  — время обработки одной детали на ведущей операции, мин.

Ускоренный способ определения  $W_n$  по формуле (18) основан на использовании данных из таблицы 50. В ней приняты наиболее употребительные значения  $\alpha = 0,15 \dots 0,25$ . Если значение  $T_{п.з}$  и  $T_0$  не совпадают с табличными, то следует выбирать ближайшее значение или интерполировать два соседних значения  $W_n$ .

Для установления оптимального общего объема восстановления определяют коэффициент восстановления

$$K_v = \frac{K_{г.в} K_r}{1 + K_{г.в}^m K_r^m},$$

где  $K_{г.в}$  — коэффициент годности деталей, предназначенных для восстановления;  $K_r$  — коэффициент выхода годных деталей после восстановления;  $m$  — кратность восстановления.

Коэффициент годности определяется по формуле:

$$K_{г.в} = N_v / N_d,$$

где  $N_v$  — число деталей одного наименования, подлежащих дефектации;  $N_d$  — число деталей того же наименования, признанных после дефектации годными для восстановления.

**Экономическая эффективность восстановления деталей** обуславливается возможностью использовать их остаточную годность, так как потеря работоспособности в большинстве случаев происходит из-за достижения предельного износа трущихся поверхностей. При этом деталь в результате износа теряет, как правило, всего лишь 1,5...7,0% своей массы. Для определе-

## 50. Определение объема партии деталей

Подготовительно-заключительное время на ведущую операцию ( $T_{п.з}$ ), мин	Объем ( $W_{п}$ ) партии (число деталей) при времени обработки (мин) одной детали на ведущей операции ( $T_0$ )														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

При  $\alpha = 0,25$

4	16	8	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
8	32	16	11	8	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	2
12	48	24	16	12	10	8	7	6	5	5	4	4	4	3	3
16	64	32	21	16	13	11	9	8	7	6	6	5	5	5	4
20	80	40	27	20	16	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5
24	96	48	32	24	19	16	14	12	11	10	9	8	7	7	6
28	112	56	37	28	22	19	16	14	12	11	10	9	9	8	7
32	128	64	43	32	26	21	18	16	14	13	12	11	10	9	9

При  $\alpha = 0,20$

4	20	10	7	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1
8	40	20	13	10	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3
12	60	30	20	15	12	10	9	8	7	6	5	5	5	4	4
16	80	40	27	20	16	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5
20	100	50	33	25	20	17	14	12	11	10	9	8	8	7	7
24	120	60	40	30	24	20	17	15	13	12	11	10	9	9	8
28	140	70	47	35	28	23	20	18	16	14	13	12	11	10	9
32	160	80	53	40	32	27	23	20	18	16	15	13	12	11	11

При  $\alpha = 0,15$

4	27	13	9	7	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2
8	53	27	18	13	11	9	8	7	6	5	5	4	4	4	4
12	80	40	27	20	16	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5
16	107	53	36	27	27	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7
20	133	67	44	33	27	22	19	17	15	13	12	11	10	10	9
24	160	80	58	40	32	27	23	20	18	16	14	13	12	11	11
28	187	93	62	47	37	31	27	23	21	19	17	15	14	13	12
32	213	107	71	53	43	36	30	27	24	21	19	18	16	15	14

ния коэффициента восстановления, формирования маршрутов, разработки технологии восстановления и требований к промышленности по совершенствованию конструкции необходимо проводить работы по анализу износостойкости деталей и узлов ходовой системы. При этом износ следует оценивать по всем основным трущимся поверхностям, а доремонтный ресурс трущихся поверхностей  $t_i$  рассчитывать по формуле

$$t_i = T_i \delta_{дп} + T_m,$$

где  $T_i$  — износостойкость поверхности, моточасов на каждые 0,01 мм износа;  $\delta_{дп}$  — допустимый износ поверхности, мм;  $T_m$  — межремонтный срок службы трактора, моточасов.

Расчетный доремонтный ресурс, базирующийся на анализе фактической износостойкости деталей и узлов ходовой си-

стемы, больше того, по которому определяют среднее число ремонтов. Поэтому при выборе способа восстановления, кроме экономических показателей, необходимо учитывать также уровень износостойкости, обеспеченный выбранным технологическим способом восстановления. Оценить этот уровень можно с помощью *коэффициента относительной износостойкости*, определяемого как отношение показателей износостойкости новой и восстановленной деталей при одинаковых условиях эксплуатации или испытаний. Так, например, несмотря на невысокую себестоимость, способ восстановления опорных катков бандажированием из-за обеспечения низкого уровня износостойкости существенно уступает способу восстановления катков путем заливки жидким металлом (табл. 51).

### 51. Техничко-экономические показатели способов восстановления опорных катков тракторов тягового класса 3

Способ восстановления	Производительность, катков за смену	Себестоимость, руб.	Коэффициент относительной износостойкости
Бандажирование	40...50	1,38	0,5
Замена обода	40...50	2,05	0,7
Наплавка в среде водяного пара	10...15	2,00	0,9
Наплавка электродом под флюсом	10...15	2,10	0,9
Наплавка порошковой лентой	15...20	2,86	1,8
Заливка жидким металлом	До 100	1,53	0,9
Электрошлаковая наплавка	30...35	1,26	1,0

Наиболее оптимальный способ восстановления опорных катков — электрошлаковая наплавка, обеспечивающая низкую себестоимость и достаточно высокий коэффициент относительной износостойкости.

## 6.3. ВЫБОР ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ

Ходовые системы тракторов работают в условиях непосредственного контакта с абразивной средой. Поэтому для восстановления износившихся поверхностей необходимо использовать материалы, обладающие высокой сопротивляемостью абразивному изнашиванию и способные удовлетворить существующим требованиям к послеремонтному ресурсу.

В соответствии с ГОСТ 18524—80 восстановленные детали трактора должны обеспечить не менее чем 80%-ный ресурс от соответствующих показателей для новых деталей. По нормативам ресурс новых металлических деталей и узлов ходовых систем тракторов должен соответствовать следующим данным.

*Колесная ходовая система*

Поворотный рычаг	7...10
Обод, диск колеса и передняя ось	14...16

*Гусеничная ходовая система*

Звено гусеницы	5...7
Палец	2...4
Опорный каток, уплотнительное кольцо, ведущее и направляющее колеса	6...8
Ось поддерживающего катка	7...8
Рессора подвески	7...8

Ресурс новых шин колесных тракторов, согласно ГОСТ 7463 – 80, должен соответствовать данным, сведенным в таблицу 52.

**52. Ресурс новых шин**

Обозначение шины	Трактор	Ресурс, тыс. ч
------------------	---------	----------------

*Шины ведущих колес*

8,3-20	T-40	5,0
9,5-32	T-25	5,0
9,5-32	T-16M	4,5
11,2-20	MT3-80	5,3
13,6R38	T-40M и T-40AM	6,3
13,6R38	MT3-50 и MT3-52	5,7
15,5R38	MT3-80, MT3-82 и ЮМЗ-6	5,7
15,5-38	MT3-50 и MT3-52	6,0
21,3R24	T-150K	4,5
23,1R26	T-150KM	5,5
23,1R26	K-700	4,0
28,1R26	K-701	4,1

*Шины направляющих колес*

6,00-16	T-25	4,7
6,00-16	T-16M	4,3
6,50-16	T-40M	5,5
7,50-20	MT3-50	5,6
9,00-20	MT3-80 и ЮМЗ-6	5,5

Износостойкий материал для восстановления выбирают по результатам испытаний образцов на специально разработанных для этих целей машинах (табл. 53), воспроизводящих процессы изнашивания, подобные тем, которые наблюдаются при трении контактных поверхностей деталей ходовых систем тракторов.

## 53. Характеристика испытательных машин, используемых для оценки износостойкости материалов

Испытательная машина	Условия испытаний			
	вид изнашивания	тип и размеры (мм) образцов	параметры нагружения	условия трения образцов
Х1-Б	Абразивной прослойкой при возвратно-поступательном движении	Цилиндр: диаметр — 40,5; длина — 60,0; толщина стенок — 2,5. Кольцо: внутренний диаметр — 40,5; радиальная толщина — 1,6; высота — 5,0	Длина хода — 50,0 мм. Число циклов в мин — 1000. Наибольшая скорость скольжения — 2,6 м/с. Удельное давление между абразивом и кольцом — 100 МПа	Абразив — электрокорунд. Зернистость абразива — 13...15 мкм. Концентрация абразива в масле — 20 %. Температура волны — 30 °С. Длительность опыта — 30 мин. Путь трения — 3000 м
Х6-Б	Абразивной прослойкой при возвратно-вращательном движении	Втулка: внутренний диаметр — 31,0; длина — 28,0. Палец: диаметр (выбирается в зависимости от зазора сопряжения) — 30,0	Угол качения — 40 ° Число циклов в мин — 100, 120 и 260. Удельная нагрузка — до 5,2 МПа. Мощность двигателя — 3,2 кВт	Абразив — кварцевый песок. Влажность абразива — 0,2 %. Зернистость абразива — 0,2...0,5 мм. Расход абразива на каждую втулку — 2,0 кг. Длительность испытаний — 20 000...120 000 циклов
НК	Абразивной прослойкой при вращательном движении	Кольцо: диаметр — 1,22; ширина — 51,0 Размер изнашиваемой поверхности образцов — 38 × 57	Скорость скольжения образцов — 0,6 м/с. Удельная нагрузка на образец — 0,38 МПа	Абразив — кварцевый песок. Зернистость абразива — 0,3 мм. Соотношение: 18,1 кг песка и 284 кг воды. Путь трения — 2175 м

Испытательная машина	Условия испытаний			
	вид изнашивания	тип и размеры (мм) образцов	параметры нагружения	условия трения образцов
Х4-Б	Абразивной шкуркой при вращательном движении с поперечной подачей	Цилиндр: диаметр — 2,0; длина — 10...15; диаметр диска — 250	Нагрузка на образец — 30 Н. Номинальная удельная нагрузка 0,95 МПа. Частота вращения — 6 с <sup>-1</sup> . Поперечная подача образца — 1,0 мм/об	Абразив — шлифовальная шкурка. Вид шкурки для материалов: с HV < 1350 — электрокорундовая; с HV < 2000 — карборундовая. Зернистость шкурки — 180 мкм. Путь трения на одном листе — 15 м
МВ-31	Абразивной прослойкой при возвратно-вращательном или вращательном движении	Ролик: диаметр — 30; ширина — 10 Колодка: диаметр — 32; ширина — 10; угол обхвата ролика — 180°	Нагрузка — 0...30 Н. Число двойных ходов за 1 мин — 60, 90 и 120. Полный угол поворота ролика — 0...75°	Абразив — сухой кварцевый песок; скорость подачи — 17,5 г/мин. Продолжительность опыта — 33,3 мин
МИ-2	Абразивной шкуркой при вращательном движении с обдуванием воздухом	Квадрат резины 20 × 20 × 8 с выступами в одной плоскости 4 × 3	Нагрузка — 16, 20 и 26 Н. Скорость скольжения — 0,3 м/с. Время испытаний — 50 мин. Давление сухого сжатого воздуха — 0,1...0,15 МПа	Абразив — шлифовальная шкурка (ГОСТ 344—74)

Испытания проводят в условиях абразивного воздействия. Тип абразива выбирают с учетом минералогического состава почвы и твердости ее основных компонентов (табл. 54). Как видно из таблицы, наиболее твердый и самый распространенный минерал — кварц, составляющий 75—85% почвы.

#### 54. Твердость минералов почвы

Минерал	Твердость по шкале Мооса	Микротвердость. МПа
Кварц	7	10500...11300
Полевые шпаты	6,0...6,5	6950...7200
Гранит	6...7	8200
Гранаты	6,5...7,5	7500...9000
Эпидит	6,5	7200
Роговая обманка	5,5...6,0	6500
Мусковит	2...3	—
Бионит	2,5...3,0	—
Глинистые минералы	1,0...2,5	—

Выбор материала для восстановления изнашивающихся поверхностей металлических деталей ходовых систем тракторов связан с установлением требований к химическому составу, структуре и твердости, обеспечивающих достижение требуемого уровня абразивной износостойкости материала.

Химический состав стали 40, 40X, 40СГ и 35ХГ2 для втулки при работе в контакте со сталью 45 пальца в условиях абразивного изнашивания влияет на износостойкость лишь в той мере, в какой это требуется для получения достаточно высокой твердости без снижения вязкости стали. Аналогичное влияние на абразивную износостойкость оказывает химический состав Ст 5, сталей 20, 40, 15X, 18ХГТ, 12ХНЗА, 12Х2Н4А в контакте с Ст 5 и сталями 20, 45 и 15X. Легирование ванадием стали 45Л-1 для опорных катков, направляющих и ведущих колес гусеничной ходовой системы, по результатам испытаний, увеличивает износостойкость опорных катков на 30...35%, направляющих колес — на 22%, а ведущих колес — на 20...36%. Исследования износостойкости легированного феррита показали, что марганец, хром, молибден и кобальт почти не повышают износостойкость феррита, тогда как кремний несколько ее повышает. Увеличение содержания углерода приводит к повышению износостойкости стали. Как в легированных, так и в углеродистых сталях, находящихся в закаленном состоянии, абразивная износостойкость увеличивается с повышением содержания углерода до эвтектоидного состава. Дальнейшее увеличение содержания углерода приводит лишь к незначительному повышению износостойкости. Абразивную износостойкость высокопрочного чугуна (ВЧ) с глобулярным графитом в паре с чугуном и сталью характеризуют данные, представленные



в таблице 55, откуда видно, что при использовании мартенситного ВЧ или перлитно-ферритного ВЧ в паре со сталью можно обеспечить уровень абразивной износостойкости, не уступающий паре сталь ЛГ13 — сталь 45, используемой для изготовления новых деталей гусеницы.

### 55. Сравнительная абразивная износостойкость сталей и чугуна ВЧ

Материал втулки	Показатели		Материал пальца	Показатели		Средний износ пары втулка — палец, %
	твер- дость HV	износ, %		твер- дость HV	износ, %	
Мартенситный ВЧ	720	43,7	Мартенситный ВЧ	720	58,3	50,0
Перлитно-ферритный ВЧ	720	35,7	Цементованная сталь 20	700	106,0	76,2
Перлитный ВЧ	250	77,2	Перлитный ВЧ	250	160,0	121,0
Сталь 40X	340	38,8	Перлитно-ферритный ВЧ	250	96,0	71,5
Сталь 30СГ	270	81,3	Ферритный ВЧ	220	72,3	76,3
Сталь ЛГ13	220	100	Сталь 45	310	100	100
Сталь ЛГ13	220	164,0	Перлитно-ферритный ВЧ	250	140,8	150,7

Наиболее высокой абразивной износостойкостью обладают материалы с мартенситной структурой. Для углеродистых сталей износостойкость перлита, сорбита и троостита определяется степенью дисперсии цементованных частиц: чем меньше структура при заданном химическом составе, тем выше износостойкость стали.

Износостойкость мартенситной составляющей определяется содержанием в ней углерода: чем больше углерода, тем выше износостойкость стали. Заэвтектоидная сталь со структурой мартенсит + избыточные карбиды обладает меньшей износостойкостью, чем та же сталь с чисто мартенситной структурой.

Наличие в структуре стали остаточного аустенита не снижает ее сопротивления абразивному изнашиванию, что связано с превращением аустенита в высоколегированный мартенсит в объемах, подвергающихся абразивному воздействию.

Износостойкость чаще всего связывают с твердостью. При абразивном изнашивании, когда абразив находится между трущимися поверхностями деталей, износостойкость зависит как от абсолютного значения твердости контактных поверхностей, так и от их соотношения. Влияние на абразивную износостойкость сопряжения типа втулка — палец твердости деталей (при варьировании твердости либо втулки, либо пальца или при одинаковом уровне твердости втулки и пальца), а также влияние соотношения твердости втулки и пальца представлены соответственно на рисунках 77, 78, 79 и 80.

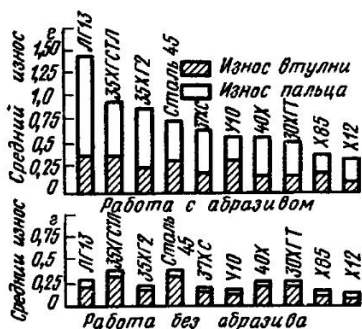


Рис. 77. Диаграмма износа пары палец – втулка (втулка из различных материалов, палец – из стали 50).

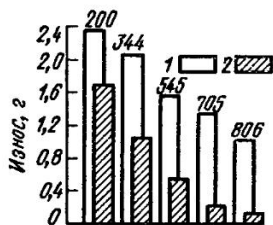


Рис. 78. Износ втулки из стали ЛГ13 в паре с пальцами различной твердости: 1 – износ пальца; 2 – износ втулки.

Совместное влияние абсолютного уровня твердости HV (по Виккерсу) контактирующих поверхностей  $H_1$  и  $H_2$  при любом их соотношении на величину износа сопряжения И может быть определено по формуле

$$И = 2,3242 - 1,1 \cdot 10^{-2}H_1 - 1,4 \cdot 10^{-3}H_2 - 0,1 \cdot 10^{-6}(H_1 - H_2)^3. \quad (19)$$

При абразивном воздействии изменение твердости одной из сопряженных деталей влияет на износостойкость и другой. Интенсивнее изнашивается более твердая поверхность, что связано с эффектом шаржирования, когда частицы абразива,

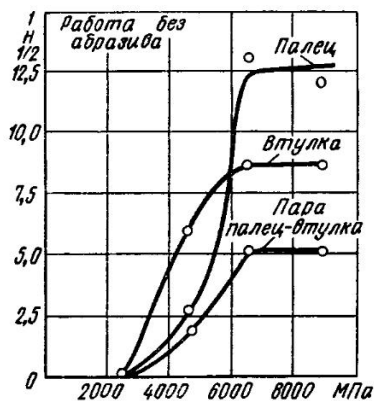


Рис. 79. Зависимость износостойкости от твердости.

Рис. 80. Зависимость износа от отношения твердости втулки к твердости пальца:  
1 – втулка; 2 – палец; 3 – сопряжение.

внедряясь в относительно мягкую поверхность, интенсивно изнашивают более твердую. Минимальный износ сопряжения достигается при максимальной твердости всех контактирующих поверхностей.

При восстановлении деталей необходимо учитывать, что, кроме твердости, на износостойкость могут оказывать влияние и конструктивные факторы. Совместное влияние на изнашивание сопряжения типа втулка – палец ( $I \rightarrow y_c$ ) конструктивных параметров (диаметр пальца  $d \rightarrow x_1$ , начальный зазор в сопряжении  $z \rightarrow x_2$ ) и твердости пальца ( $H_n \rightarrow x_3$ ) представлено уравнениями регрессии

$$y_c = 0,795 + 0,159x_1 + 0,415x_2 - 0,045x_3; \quad (20)$$

$$y_n = 0,563 + 0,093x_1 + 0,347x_2 - 0,027x_3; \quad (21)$$

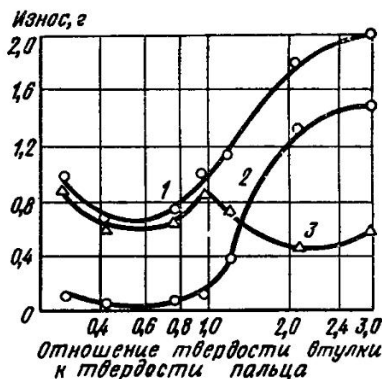
$$y_a = 0,232 + 0,066x_1 + 0,068x_2 - 0,018x_3, \quad (22)$$

где  $x_1 = \frac{d - 11}{2}$ ;  $x_2 = \frac{z - 0,30}{0,25}$ ;  $x_3 = \frac{H_n - 40}{15}$ ;  $y_n$  и  $y_a$  – износ пальца и втулки.

Численные значения коэффициентов в уравнениях (20), (21) и (22) представляют собой количественную меру влияния фактора. Как видно, износ как сопряжения в целом, так пальца и втулки существенно зависит от первоначальных зазора и диаметра пальца, что следует использовать для обеспечения требуемого уровня износостойкости при восстановлении подобных деталей.

Для восстановления изношенных поверхностей деталей ходовых систем гусеничных тракторов широко применяют наплавку, позволяющую в зависимости от выбранного наплавочного материала получать на восстанавливаемой поверхности требуемый уровень твердости, включая и весьма высокий, за счет нанесения на нее материалов (табл. 56), превосходящих по твердости минеральные частицы почвы (см. табл. 54).

Зная твердость наплавленной поверхности, можно оценить



ее сопротивляемость абразивному износу, подсчитав коэффициент износостойкости

$$K = m \frac{H_n}{H_3}, \quad (23)$$

где  $m$  – коэффициент, зависящий от типа наплавленного металла ( $m = 1,0$  – для ферритно-перлитной стали,  $m = 1,17$  – марганцовистой наплавки;  $m = 1,25$  – хромомарганцовистой наплавки;  $m = 1,4$  – вольфрамкарбидной наплавки);  $H_n$  и  $H_3$  – средняя микротвердость наплавленного сплава и эталона.

## 56. Микротвердость различных материалов

Материал	Микротвердость, МПа	Материал	Микротвердость, МПа
Феррит	800...1000	Сплав железа, марганца и углерода	4000...6500
Перлит	3500	То же (после наклепа)	До 8500
Ст. 3	1800	Карбиды:	
Ст. 6 (после термообработки)	4800...5000	железа	8000
Комплексные карбиды железа и марганца	12000...14000	марганца	7700
		хрома	15700
		вольфрама WC	24000
		вольфрама W <sub>2</sub> C	30000
		титана	28500
		бора	До 35000

Средняя микротвердость наплавленного сплава связана с его твердостью по Бринелю следующей зависимостью:

$$H_n = 1,37HB.$$

Таблица взаимного перевода чисел твердости, определенных по Бринелю (HB), Виккерсу (HV) и Роквеллу (HRC), представлена на рисунке 81.

Промышленностью выпускаются разнообразные наплавочные материалы, применяемые при восстановлении деталей ходовых систем тракторов. К ним относятся порошковые проволоки, проволоки сплошного сечения, порошковые и металлокерамические ленты, порошкообразные материалы, литые твердые сплавы.

Порошковая проволока представляет собой непрерывный электрод диаметром 2,5...5 мм, состоящий из металлической оболочки и порошкообразного наполнителя. В качестве наполнителя применяют смесь металлических порошков, ферросплавов, шлакообразующих и газообразующих материалов. Широкий диапазон составления композиций наполнителя позволяет с достаточно большой точностью получить необходимое качество наплавленного слоя. Поэтому порошковая проволока находит все большее применение при механизированной наплавке

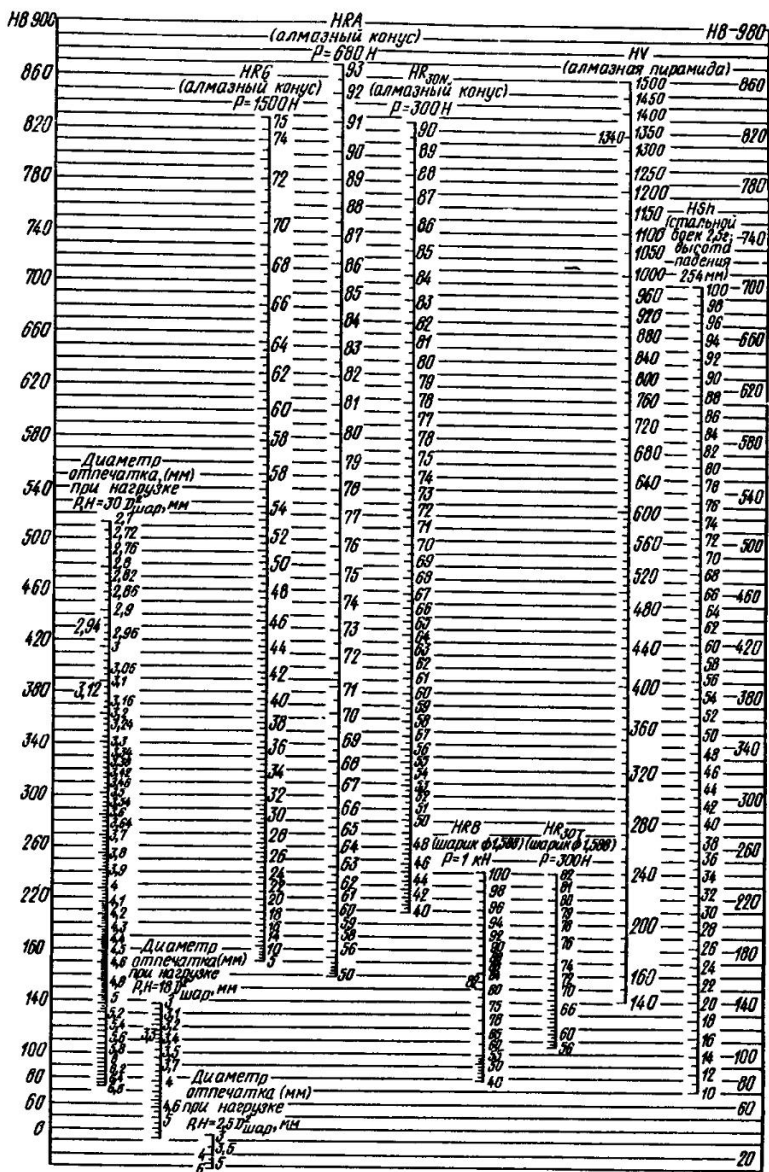


Рис. 81. Таблица перевода чисел твердости (HB, HV, HRC).

для получения износостойких поверхностей. Ее используют для восстановления поверхностей средней твердости и низкоуглеродистых сталей при наплавке открытой дугой, а также поверхностей, работающих в условиях интенсивного абразивного воздействия. Подбирая порошковую проволоку соответствующего химического состава, можно восстанавливать поверхности с различной твердостью — от 11 до 62 HRC (табл. 57).

Проволоки сплошного сечения, к которым относятся стальная сварочная проволока типа Св и наплавочная проволока типа Нп, изготавливают из углеродистой стали (Св-0,8, Нп-40 и др.), легированной стали (Св-08Г2С, Нп-65Г и др.) и высоколегированной стали (Св-12Х13, Нп-2Х13 и др.). Их применяют для наплавки таких крупногабаритных сборочных единиц, как направляющие и ведущие колеса, опорные катки и поддерживающие ролики. В зависимости от химического состава этого наплавочного материала можно восстановить изношенные поверхности с твердостью от 16 до 51 HRC (табл. 58).

При наплавке больших поверхностей, когда не требуется глубокого проплавления, применяют стальную ленту толщиной 0,3...1,0 мм и шириной 20...100 мм из стали 50, 65, 65Г, 1Х13, 2Х13.

Порошкообразные материалы и литые твердые сплавы (табл. 59) применяют для плазменного и газопламенного напыления стальных поверхностей, работающих в условиях абразивного износа с ударными нагрузками (ВСНГН-55 и ВСНГН-35), восстановления поверхностей с малым износом и устранения дефектов в поверхностях из чугуна газопорошковой наплавкой (НПГ-1, НПГ-2 и НПГ-3), наплавки быстроизнашивающихся стальных поверхностей (ФБХ-6-2, С-2М, БХ, КБХ и др.).

При восстановлении изношенных поверхностей газопламенной наплавкой с использованием высокохромистых чугунов, а также сплавов на основе никеля и кобальта можно получить наплавленные поверхности с уровнем твердости до 56...65 HRC. Если наплавлять металлическими электродами с присадкой, в качестве которой использовать электроды типа «Релит», «Вокор» или другие твердые сплавы, то можно получить наплавочные поверхности твердостью до 85...93 HRC (табл. 60).

Порошковые и металлокерамические ленты используют для наплавки изношенных поверхностей высокой твердости, а также для работающих в условиях интенсивного абразивного загрязнения с ударным нагружением. Наплавка таких лент обеспечивает восстановление поверхностей с уровнем твердости 46...68 HRC (табл. 61).

К износостойким материалам, имеющим практическое значение для восстановления индукционной наплавкой, относятся легированные чугуны, сплавы на основе кобальта и никеля, псевдосплавы. Из этих сплавов более высокими свойствами отличаются сплавы на основе кобальта и никеля. Однако высокая

## 57. Химический состав и твердость металла, наплавленного порошковой проволокой

Проволока	Химический состав наплавленного металла, %								Твердость после наплавки, HRC
	C	Cr	Mn	Si	V	B	Ti	Mo	
ПП-АН1	0,08...0,09	—	0,78	0,22	—	—	—	—	11...13
ПП-АН3	0,08...0,12	—	0,71...0,86	0,18...0,25	—	—	—	—	16...18
ПП-АН8	≤0,12	—	0,9...1,4	0,15...1,4	—	—	—	—	24...26
ПП-АН122	0,4	5,0	2,0	0,6	—	—	—	—	48...56
ПП-АН125	2,0	15,0	1,0	1,5	—	—	0,7	0,3	50...58
ПП-ТН250	0,09...0,13	—	0,5...0,8	0,5...0,8	—	0,3...0,6	—	—	25...27
ПП-АК121	0,18	0,8	1,0	0,6	0,15	—	0,25	—	28...36
ПП-АН106	0,15	0,14	0,6	0,6	—	—	0,2	—	42...48
ПП-АН170	0,5...0,9	18...23	≤0,1	≤1,0	—	2,7...3,0	0,1...0,8	—	58...62
ПП-АН120	0,18	1,8	1,8	0,6	—	—	—	0,7	35...40
									(флюс АН-348А)
ПП-АН103	1,8	12,0	0,6	0,6	—	—	—	0,8	40...44
ПП-25Х5ФМС	0,25	5,2	0,6	1,1	0,4	—	—	1,2	40...46
									(флюс АН-20)

## 58. Химический состав и твердость металла, наплавленного проволоками сплошного сечения

Проволока	Химический состав наплавленного металла, %							Условия наплавки	Твердость после наплавки, HRC
	C	Cr	Mn	Si	Ni	S	P		
Св-0,8	0,1	0,15	0,3...0,6	0,03	0,3	0,04	0,04	Под флюсамв: АН-348А АН-60 АНК-18 ЖСН-1	16 18 43 51

Проволока	Химический состав наплавленного металла, %							Условия наплавки	Твердость после наплав- ки, HRC
	C	Cr	Mn	Si	Ni	S	P		
Св-08Г2С	0,11	0,2	1,8...2,1	0,7...0,9	0,25	0,03	0,03	Под флюсами:	
								АН-348А	23
								АН-60	30
								АНК-18	45
Нп-65	0,6...0,7	0,25	0,5...0,8	0,17...0,37	0,25	0,04	0,04	Среда CO <sub>2</sub>	18
								Под флюсами:	
								АН-348А	22
								АН-60	30
Нп-65Г	0,6—0,7	0,3	0,9...1,2	0,17...0,37	0,13	0,04	0,4	В водяном пару	18
								В потоке воздуха	23
								Вибрирующим электро- дом в среде охлажда- ющей жидкости	42
								Под флюсами:	
Нп-30ХГСА	0,27...0,35	0,8...1,1	0,8...1,2	0,9...1,2	0,4	0,04	0,04	АН-348А	35
								АН-60	43
								В потоке воздуха	25
								Вибрирующим электро- дом в среде охлажда- ющей жидкости	40...45
Нп-2Х13	0,18...0,24	12...14	0,6	0,6	0,6	0,03	0,035	Под флюсами	
								АН-348А	35
								АН-60	42
								АН-20	30
Нп-2Х13	0,18...0,24	12...14	0,6	0,6	0,6	0,03	0,035	АН-28	42
								В среде CO <sub>2</sub>	30
								В потоке воздуха	33
								Под флюсом АН-28	44
								В среде CO <sub>2</sub>	48...50



## 59. Химический состав и твердость металла, наплавленного порошкообразными материалами и литыми твердыми сплавами

Материал		Химический состав наплавленного металла, %									Твердость после наплавки, HRC
тип	марка	C	Cr	Si	Ni	B	Fe	Mn	Cu	W	
Порошкообразный для напыления	ВСНГН-55	0,7...1,0	14...17	3,5...4,5	Остальное	3,2...4,0	До 4,0	До 4,0	—	—	53...58
	ВСНГН-35	0,1...0,3	—	1,3...1,5	Остальное	1,2...1,5	0,1...0,7	—	4...5	—	56...58
	НПЧ-2 и НТ-3	0,1...0,3	—	2,4...2,7	Остальное	2,2...2,7	0,3...4,0	—	4...5	—	32...37
Порошкообразные смеси	ПС-14-80	5,2...7,1	49,0	До 2,6	0,3...1,0	0,04...0,18	Остальное	0,3	0,22...0,63	—	35
	ФБХ-6-2	3,5...5,5	28...37	1,0...2,5	—	1,3...2,2	Остальное	2,5...5,5	0,22...0,63	—	53
	С-2М	7,0...10,0	24...26	0,5...3,0	—	—	—	6,0...8,5	—	—	54
	БХ	0,3...1,0	35...44	0,5...1,0	7...9	—	—	—	—	—	63
	КБХ	4,0...6,0	42...52	0,5...1,4	—	0,7...0,9	—	—	—	—	60
Литые сплавы	БЗК-1	1,0...1,3	28...32	2,0...2,75	До 2	—	До 2	0,03	—	4...5	40
	ПР-С27	3,8...4,2	23,0...27,0	1,3...1,7	1,6...2,0	—	Остальное	До 1,0	—	0,25...0,35	51

## 60. Сплавы для газопламенной наплавки

Сплав		Средний состав наплавляемого металла, %									Твердость после наплавки, HRC	
тип	марка	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	B	Fe	W		
Высокохромистые чугуны	У30Х30Н4С4	2,9	3,5	1,0	28	3,5	—	—	—	—	48...54	
	У45Х30Г6	4,5	1,8	6,0	30	—	—	—	—	—	58...63	
	У45Х17Г13С3	4,2	3,0	12,0	16	—	—	—	—	—	55...58	
	У35Х25Р	3,6	0,6	1,2	26	—	—	1,5	—	—	60...65	
	У35Х20РТ	3,6	0,6	1,8	21	—	1,5	1,2	—	—	56...62	
	У30Х30Н4С4Т	2,9	4,2	1,0	28	3,8	0,5	—	—	—	52...54	
На основе никеля	Х15Н60	0,12	0,7	1,0	15	58	—	—	Остальное	—	18	
	Х20Н80	0,12	0,3	1,0	20	76	—	—		—	18	
	НХ10Р2	0,45	2,3	—	11	80	—	2,5		3	—	35
	НХ13Р3	0,60	4,0	—	13	76	—	3,0		4	—	45
	НХ15Р4	0,75	4,5	—	15	70	—	3,5		4,5	—	56
На основе кобальта	КВ530	1,0	—	—	—	—	—	—	—	4,6	42	
	КВ8Х30	1,3	—	—	29	—	—	—	—	8,5	47	
	КВ12Х30	2,4	1,2	1,0	—	2,0	—	—	—	12,5	55	
	КВ20Х30	2,7	—	—	32	—	—	—	—	19,0	60	
												(остальное — кобальт)
Твердые сплавы	Релит	3,3	—	—	—	—	—	—	95	95	90...92	
	Вокар	9...10	—	—	—	—	—	—	—	90	—	
	Воломит	4	—	(остальное — молибден)					—	93	90...92	
	Карбиды хрома	5	—	—	—	70	25	—	—	—	90...92	

## 61. Химический состав и твердость металла, наплавленного порошковыми и металлическими лентами

Лента	Химический состав наплавленного металла, %									Твердость после наплавки, HRC
	C	Cr	Mn	Si	Ni	V	B	Ti	Mo	
ПП-АН-122П	0,3...0,5	4,4...6,5	1,4...2,2	0,5...1,0	—	—	—	0,15...0,6	0,6...1,0	48...56
ПЛ-АН-101	3,0	26,0	—	3,0	2,0	—	—	—	—	50...55
ПЛ-АН-171	1,0	20,0	2,0	3,0	—	4,0	—	—	—	65...68
ЛС-70ХЗНМ(А)	0,7	3,0	0,9	1,1	—	—	—	—	0,6	52...58 (флюс АН-60, АН-20П, АН-26П)
ЛС-1Х14НЗ	0,1	14,0	0,6	0,8	3,0	—	—	—	—	46...50 (флюс АН-26П)

## 62. Основные характеристики сплавов, применяемых для индукционной наплавки

Группа сплава	Сплав	Химический состав, %											
		C	Si	Mn	Cr	Ni	W	B	Ti	Cu	Mo	Fe	
Легированные чугуны	Сормайт	2,5...3,5	2,8...4,2	0,5...1,5	25...31	3...5	—	—	—	—	—	—	Основа
	ФБХ-6-2	3,5...5,5	1,0...2,5	1,5...4,0	32...37	—	—	1,5...2,0	—	—	—	—	»
	УЗ5Х26Г6РГ	3,0...3,7	1,8...2,2	5,5...6,5	22...26	—	2	0,4...0,6	0,25...0,35	—	—	—	»
Псевдосплавы	ПС-4	Сормайт + феррохром											
	ПС-5	Сормайт (40%) + феррохром (58%) + ферротитан (2%)											
	ПС-6	Белый чугун + феррохром											

стоимость компонентов ограничивает их применение в сельском хозяйстве. В таблице 62 приведены основные характеристики легированных чугунов псевдосплавов, а в таблице 63 — их износостойкость по отношению к отожженной стали 45 при испытании на машине Х4-Б.

Типичный представитель сплавов на основе кобальта и никеля — сормайт, который широко распространен в сельскохозяйственном машиностроении. Сплав представляет собой высоколегированный заэвтектический чугун с твердостью после наплавки НРС 49...55. Сормайт выпускается в виде гранулированного порошка для индукционной наплавки, а также в виде электродов. Наряду с высокой твердостью, получаемой без термической обработки, сормайт обладает повышенной вязкостью. На износостойкость сормайта существенно влияет технология процесса наплавки (табл. 64), что необходимо учитывать при выборе способа восстановления изношенных поверхностей.

### 63. Износостойкость ваплавочных сплавов

Сплав	Твердость НВ	Относительная износостойкость	Сплав	Твердость НВ	Относительная износостойкость
Сталь 45	180	1	ФБХ-6-2	1000	5,0
Сормайт	610	2,2	ПС-4	1100	5,1
Сталинит	950	2,3	ПС-5	1100	5,2
У35Х26Г6ГРТ	700	3,3	ПС-6	1200	5,2

Для обеспечения требуемого уровня износостойкости восстанавливаемых поверхностей при выборе наплавочного материала необходимо учитывать не только уровень твердости, который может быть достигнут при наплавке выбранным материалом, но и возможность материала увеличивать свою твердость при применении упрочняющей обработки восстановленной поверхности.

При ремонте широко применяют технологические приемы повышения твердости восстановленных поверхностей за счет

### 64. Износостойкость образцов, ваплавленных сормайтом, по отношению к Ст3

Место вырезки образца	Твердость НВ	Относительная износостойкость
Слой газопламенной наплавки	798	2,48
Отлитый пруток	659	2,48
Слой высокочастотной наплавки	624	2,05
Слой, наплавленный порошковой проволокой	755	1,87

термического, химико-термического, механического и электро-механического упрочнения.

Эффективный способ термического упрочнения наплавленного слоя — поверхностная закалка. В зависимости от способа наплавки и применяемой электродной проволоки при восстановлении поверхности из стали 45 в результате закалки нагревом токами высокой частоты (ТВЧ) можно повысить твердость поверхности на 92...215% (табл. 65). При этом наибольший эффект достигается при наплавке электродной проволокой марки Нп-70(У7А) в среде водяного пара.

#### 65. Упрочнение наплавленной поверхности из стали 45 закалкой с нагревом ТВЧ

Условия наплавки		Твердость поверхности НВ		Повышение твердости, на %
защитная среда	электродная проволока	после наплавки	после закалки	
Флюс АН-348А	Нп-30ХГСА	265...285	550...570	106
	Нп-70(У7А)	235...250	640...650	163
Углекислый газ	Св-08Г2С	185...195	395...410	108
	Св-18ХГСА	245...260	550...500	118
	Нп-30ХГСА	255...265	560...570	118
Водяной пар	Нп-30ХГСА	205...215	543...555	162
	Нп-70(У7А)	187...197	600...608	215
Поток воздуха	Нп-30ГСА	289...300	552...575	92
	Нп-70(УГА)	245...255	740...750	198

Упрочнение восстанавливаемых поверхностей цементацией и нитроцементацией позволяет получить глубокие диффузионные слои с оптимальным поверхностным содержанием в них углерода и азота, что оказывает существенное влияние на повышение износостойкости наплавленного слоя. В таблице 66 представлены данные, характеризующие эффективность упрочнения рассматриваемых химико-термических способов по сравнению с закалкой.

Еще больший эффект (повышение твердости на 100...120%) достигается при использовании в качестве упрочняющей обработки нитроцементацию.

Механическое упрочнение восстановленной детали поверхностным пластическим деформированием (ППД) происходит при относительном перемещении деформирующего инструмента (шара, ролика, дорна) по восстановленной поверхности. В результате пластической деформации шероховатость поверхности уменьшается до 9...12 класса, повышается твердость. Глубина и интенсивность упрочнения поверхности зависят от параметров ППД, свойств самого упрочняющего металла, определяемого использованными наплавочными материалами и видом наплавки (табл. 67).

### 66. Сравнительная эффективность упрочнения наплавленных поверхностей

Материал и способ обработки	Вид упрочняющей обработки	Относительная износостойкость, %
Сталь 45 (эталон)	Закалка ТВЧ	100
Наплавка Св-0812С	Цементация, закалка, отпуск	180
» »	Нитроцементация, закалка, отпуск	200
Наплавка Св-18ХГСА	Нитроцементация, закалка, отпуск	220
Осталивание	Цементация, закалка, отпуск	175
»	Нитроцементация, закалка, отпуск	200

### 67. Эффективность механического упрочнения в зависимости от способа и материала наплавки

Вид наплавки	Электродная проволока	Твердость HV	
		после наплавки	после ППД
Под флюсом АН-348А	Нп-30ХГСА	286	321
»	Св-08Г2С	232	298
»	Св-08А	188	232
Под флюсом АН-60	Нп-30ХСА	302	343
»	Нп-70(97А)	284	300
»	Св-08А	204	252
»	Св-08Г2С	244	290
»	Сталь 50	230	280
Под флюсом АНК-18	2Х13	440	479
»	50ХФА	284	321
Под флюсом АНК-10	Св-08А	423	518
»	Св-18ХГСА	455	577
»	Св-08Г2С	453	484
Под флюсом ЖСН-1	Св-08А	548	588
В углекислом газе CO <sub>2</sub>	Нп-30ХГСА	244	286
»	Св-08Г2С	187	275
В аргоне (Ar)	Нп-30ХГСА	310	347
В смеси Ar + CO <sub>2</sub>	Нп-30ХГСА	280	326
В водяном паре	Нп-30ХГСА	233	298
»	Нп-70(У7А)	205	271
В потоке воздуха	Нп-30ХГСА	300	332
»	Нп-70(У7А)	231	310
Вибрирующим электродом в жидкости	Нп-30ХГСА	436	478
»	Нп-70(У7А)	422	460
Порошковой проволокой с внутренней защитой	ПП-ТН-2500	268	332
»	ПП-Г13Н4-0	238	414
»	ПП-425Х17Т-0	417	570
»	ПП-3Х13Т-0	545	658
»	ПП-1Х14Т-0	511	579
»	ПП-25Х5ФМС-0	580	629
»	ПП-3Х5Г2М-0	496	595

Повысить износостойкость восстанавливаемых поверхностей можно электромеханическим упрочнением (ЭМУ). Основа ЭМУ — сочетание термического и силового воздействия на восстановленный поверхностный слой. Сущность электромеханического упрочнения заключается в том, что в процессе обработки через место контакта инструмента и восстанавливаемой поверхности детали проходит ток большой силы и низкого напряжения, вследствие чего гребешки микронеровностей поверхности нагреваются и под действием инструмента деформируются и сглаживаются, при этом поверхностный слой упрочняется. В таблице 68 показано влияние ЭМУ (по сравнению с ППУ и шлифованием) на повышение твердости наплавленной поверхности. Как видно, для случая наплавки электродной проволокой в различных защитных средах, ЭМУ позволяет по сравнению со шлифованием увеличить твердость поверхности на 21...150%, в то время как ППУ позволяет это сделать только на 9...37%. Наибольшая эффективность повышения твердости как при ЭМУ, так и при ППУ достигается в случае наплавки электродом Нп-70 в среде водяного пара.

Для восстановления изношенных гуммированных поддерживающих роликов и шин колес применяются резиновые смеси, основной компонент которых — натуральный (НК) или синтетический (СК) каучук.

Механические показатели НК и некоторых модификаций СК представлены в таблице 69, а типовой состав протекторных смесей — ниже.

Состав	Массовые части на 100 массовых частей каучука СКС-30 или СКНС-30
шинный регенерат РШ	10
сера	1,8...2,0
ускорители:	
сульфенамиды	0,8...1,0
гуанидины	0,6...0,07
цинковые белила	3,0
жирные кислоты	3,0
канифоль	1,0
кумаропиндековая смола	2,0
минеральное масло	8,0
стабилизаторы	2,0
замедлитель вулканизации	0,3...0,5
печная сажа	55

Для ремонта шин используют резиновые и резинотканевые материалы. Основные резиновые материалы — протекторные, прослоечные, камерные и теплостойкие смеси, физико-механические показатели которых должны удовлетворять требованиям таблицы 70.

## 68. Сравнительная эффективность упрочнения ППУ и ЭМУ

Способ наплавки	Электродная проволока	Твердость поверхности (НВ)			Интенсивность упрочнения относительно шлифования, %	
		после шлифования	после ППУ	после ЭМУ	ППУ	ЭМУ
В углекислом газе	Нп-30ХГСА	244	286	511	17,2	110
Под слоем флюса	Нп-70	284	330	539	16,2	90
АН-60						
»	Нп-30ХГСА	102	343	544	13,6	83,5
Под слоем флюса	Св-08А	423	518	604	22,4	73
АНК-18						
В среде водяного пара	Нп-30ХГСН	233	298	493	2,8	112
То же	Нп-70	205	281	513	37,2	150
В потоке воздуха	Нп-30ХГСА	300	332	541	10,7	80
»	Нп-70	231	310	545	39,2	136
Вибрирующим электродом в среде жидкости	Нп-30ХГСА	436	478	566	9,6	30
То же	Нп-70	422	466	526	10,4	21,6

## 69. Механические показатели резины

Резина на основе	Эластичность, %	Динамический модуль, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Резина на основе	Эластичность, %	Динамический модуль, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа
НК	69	3,0	26,0	СКС-30-1	42	12,0	34,8
СКД	52	9,6	21,0	СКС-30	42	13,2	25,7
СКД + НК	50	10,0	22,4	СКН-26-1	25	21,0	32,0
СКД +	50	10,0	22,3	СКН-40	23	26,0	35,9
+ СКИ-3							
Наирит	42	7,7	30,8				

## 70. Физико-механические показатели шиномонтажных резин

Показатели	Резина				
	протекторная	прослойная	камерная	тепlostойкая	клеевая
Предел прочности при растяжении (не менее), МПа	14	20	9	14	22
Относительное удлинение при разрыве, %:					
не менее	450	500	550	450	—
не более	—	850	—	—	600



Показатели	Резина				
	протекторная	прослоечная	камерная	теплостойкая	клеевая
Относительное остаточное удлинение (не более), %	35	40	35	40	35
Сопротивление раздиру (не менее), Н/см	450	—	350	—	—
Твердость, усл. ед.	55...65	Не менее 45	—	—	—
Удельный износ (не более), м <sup>3</sup> /ГДж	125	—	—	—	—
Прочность связи при расслоении образцов после вулканизации (не менее), Н/см;					
невулканизированной прослоечной и вулканизированной протекторной резины	80	80	—	—	—
невулканизированной и вулканизированной камерной резины	—	—	50	—	—

Между интенсивностью абразивного износа резин  $J$  и мощностью  $W$  трения существует степенная зависимость, т. е.

$$J \sim W^n; W = FSv_0,$$

где  $F$  — сила трения;  $S$  — относительное проскальзывание;  $v_0$  — окружная скорость образца.

Значение показателя степени  $n$  для резин на основе различных каучуков колеблется в диапазоне от 0,95 до 1,71 (см. ниже).

Резина на основе каучука	Значение $n$
СКБ	1,40
СКС-30АРКМ-15	1,30
БСК1500 + БСК1712 (50 : 50)	1,21
СКД + СКИ-3 (80 : 20)	1,05
СКД + СКС-30АРКМ (50 : 50)	0,95
НК	1,23
<i>На основе НК, содержащая:</i>	
30 массовых частей канальной сажи	1,33
ДГ-100	
10 массовых частей канальной сажи	1,51
ДГ-100	
без наполнителя	1,71

Износостойкость протекторных резин при испытании о стальную поверхность зависит незначительно от коэффициента трения при его увеличении до 1,24. При дальнейшем повы-

шении коэффициента трения происходит резкое увеличение износа (табл. 71). Коэффициент трения резины по стали в первую очередь определяется типом каучука. Существенное воздействие оказывает давление. Наполнители влияют гораздо слабее (табл. 72).

### 71. Зависимость удельного износа от коэффициента трения

Протекторная резина на основе	Коэффициент трения	Удельный износ, м <sup>3</sup> /ТДж	Протекторная резина на основе	Коэффициент трения	Удельный износ, м <sup>3</sup> /ТДж
СКМС-30АРКМ-27	1,63	52	СКН-26	1,24	2
НК	1,60	30	СКС-25МВП-	1,20	2
СКБ	1,58	47	5		
СКС-30АРКМ-15	1,56	40	СКС-30-1	1,18	2
Наирита	1,53	29	СКД-1	1,14	2
СКМС-30АРК	1,50	22	СКМВП-15	1,12	2
			СКД	1,10	1

### 72. Влияние наполнителя и давления на коэффициент трения резины

Резины на основе	Наполнитель	Количество наполнителя, массовые части	Коэффициент трения		
			при $p = 0,1$ МПа	при $p = 0,3$ МПа	
СКБ	Газовая сажа	0	1,48	0,85	
		40	1,55	0,89	
		80	1,00	0,78	
	Ламповая сажа	0	1,48	0,85	
		20	1,77	0,86	
		40	1,80	0,86	
		80	2,00	1,01	
	Фторопласт ТП-95	0	1,48	0,85	
		10	1,66	0,87	
		20	1,60	0,90	
		40	1,66	0,92	
50		1,37	0,77		
СКН-18	Ламповая сажа	0	1,73	0,89	
		20	2,00	0,98	
		40	1,87	1,02	
		50	1,68	0,93	
		80	1,37	0,92	
	Фторопласт ТП-95	0	1,73	0,89	
		10	1,89	1,00	
		20	2,00	0,98	
		40	1,94	1,00	
		50	1,68	0,88	
	СКН-26	Ламповая сажа	0	1,86	0,97
			20	2,00	1,06
40			2,00	1,09	
50			1,74	1,04	
80			1,87	0,93	

Резины на основе	Наполнитель	Количество наполнителя, массовые части	Коэффициент трения		
			при $p = 0,1$ МПа	при $p = 0,3$ МПа	
СКС-30	Окись магния	0	1,86	0,97	
		20	1,94	1,05	
		40	1,94	1,18	
		50	1,80	1,00	
		80	1,94	1,13	
	Мел	0	1,86	0,97	
		20	2,00	1,09	
		40	1,86	1,06	
		50	1,77	1,02	
		80	1,80	0,95	
	Фторопласт ТП-95	0	1,86	0,94	
		10	1,93	1,10	
		20	2,10	1,08	
		40	2,00	1,08	
		50	1,77	1,02	
	Газовая сажа	0	1,56	0,87	
		40	1,96	1,03	
		80	1,46	0,86	
		Ламповая сажа	0	1,56	0,87
			20	1,86	1,00
40			1,95	1,03	
80			1,46	0,86	
0			1,56	0,87	
Фторопласт		20	2,06	1,04	
		40	2,00	1,02	
	50	1,86	0,93		
	Газовая сажа	0	2,00	1,11	
		40	1,47	0,94	
80		1,40	0,95		
100		0,93	0,82		
Ламповая сажа	0	2,08	1,11		
	40	1,87	1,11		
	80	1,36	1,03		
	100	0,93	0,86		
	Мел	0	2,00	1,11	
		40	1,92	1,10	
		80	1,66	1,02	
		100	1,60	1,02	

Износостойкость резин, как правило, повышается с введением в каучук активного наполнителя, который до определенного количества (оптимума наполнения) повышает жесткость и прочность резины. Наибольшее влияние наполнитель оказывает на прочность. Активные наполнители приводят к значительному улучшению прочностных свойств и соответствующему повышению износостойкости (табл. 73).

### 73. Оптимальное количество наполнителя резины

Резина на основе	Наполнитель	Количество наполнителя (массовые части) для обеспечения оптимума	
		прочности	износостойкости
СКБ	Канальная сажа	75	75
	Белая сажа	75	75
	Ламповая сажа	100	105
	Каолин	100	105
СКС-30М	Канальная сажа	65	75
	Ламповая сажа	100	100
	Форсуночная сажа	100	100
	Песчаная сажа	75	60
Наирит	Канальная сажа	45	35
	Песчаная сажа	65	75

На износ резины сильно влияет окружающая среда, в частности температура, повышение которой приводит к снижению интенсивности износа резины (табл. 74) вследствие увеличения их эластичности.

### 74. Влияние температуры на интенсивность износа резины в потоке абразивных частиц

Резина на основе	Интенсивность износа $I \cdot 10^{12}(\text{м}^3/\text{с})$ при температуре ( $^{\circ}\text{C}$ )				
	-9	-10	18	35	42
НК	35	—	19	16	—
СКС-30А	41	—	13	—	—
СКБ	—	63	20	—	—
Наирит	62	—	27	—	—
СКН-40	104	—	56	—	23

*Продолжение табл. 74*

Резина на основе	Интенсивность износа $I \cdot 10^{12}(\text{м}^3/\text{с})$ при температуре ( $^{\circ}\text{C}$ )				
	45	150	155	160	180
НК	—	—	—	14	—
СКС-30А	—	—	10	—	—
СКБ	15	—	—	—	—
Наирит	—	14	—	—	—
СКН-40	—	—	—	—	13

## 6.4. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРЕССИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Для ремонта деталей и узлов ходовой системы тракторов используют разнообразные технологические методы (табл. 75).

## 75. Применяемые методы ремонта деталей и сборочных единиц ходовой системы тракторов

Метод ремонта	Опорные катки	Поддерживающие ролики	Звенья гусеницы	Ведущие колеса	Направляющие колеса	Коленчатая ось	Балансиры каретки подвески	Ось качания трактора	Шины	
									камеры	покрышки
Ручная сварка и наплавка			+	+		+				
Автоматическая наплавка под слоем флюса	+	+			+					
Автоматическая вихревая наплавка						+	+	+		
Электрошлаковая наплавка	+									
Механизированная наплавка в среде водяного пара	+	+		+						
Восстановление заливкой жидким металлом	+	+	+	+						
Восстановление пластическим деформированием			+							
Постановка дополнительных ремонтных деталей	+	+	+	+	+		+			
Холодная вулканизация									+	+
Горячая вулканизация									+	+

Выбор технологии ремонта определяется возможностью удовлетворить установленным техническим условиям на восстановление деталей (табл. 76), характером износа, программой ремонтного предприятия, наличием оборудования, экономической эффективностью и другими факторами.

**Ручная сварка и наплавка** применяются для восстановления звеньев гусениц, ведущих колес и коленчатых осей. При восстановлении этим методом изношенных поверхностей проушин звеньев гусениц следует учитывать, что их изготавливают из стали Г13Л, которая после нагрева до температуры, превышающей 1200°С, при медленном охлаждении выделяет карбиды марганца, становится хрупкой и на поверхности образуются трещины. Поэтому для получения качественного наплавленного слоя необходимо создавать как можно меньшую зону нагрева с быстрым охлаждением шва. Это обстоя-

## 76. Технические условия на восстановление основных деталей и сборочная единица гусеничной ходовой системы тракторов тягового класса 3

Деталь, сборочная единица	Технические условия
Опорные катки	<p>Твердость наплавленного на обод металла должна соответствовать НВ 387...514. Металл должен быть сплошным и ровным, без трещин, раковин, следов переноса. Разность диаметров ободьев после наплавки допускается не более 1 мм.</p> <p>Биение наружной поверхности обода относительно поверхности отверстия под ось опорного катка — не более 3 мм.</p> <p>Не допускается непараллельность плоскостей лысок под кольцо более 0,2 мм.</p> <p>Биение внутренних поверхностей уплотнения катка относительно оси — не более 0,5 мм.</p>
Поддерживающие ролики	<p>Твердость наплавленного металла должна быть не менее НВ 351.</p> <p>Наплавленный на ободья металл должен быть сплошным, ровным, без трещин. Допускается не более 15 раковин (на каждой тяговой дорожке) диаметром 1 мм и глубиной до 1,1 мм.</p> <p>Разность диаметров ободьев — не более 1 мм.</p> <p>Биение наружной поверхности беговых дорожек относительно оси ролика — не более 3 мм.</p> <p>На обработанной поверхности отверстия под подшипники ступиц допускается не более пяти раковин диаметром до 1 мм</p>
Звенья гусениц	<p>Диаметр отверстия в проушине звена не должен превышать 22,5...24,0 мм.</p> <p>Размер цевки в месте зацепления со звездочкой — не менее 42 мм.</p> <p>Толщина беговой дорожки под опорные катки — не менее 7 мм.</p> <p>Неравномерность износа цевки по ширине — не более 5 мм.</p> <p>На наплавленных поверхностях отверстия проушины допускается не более двух раковин (на проушину) диаметром до 5 мм при расположении проушин одна от другой и от их торцов не ближе 10 мм.</p> <p>Допускаются ненаплавленные участки (не более 5 мм) торцов проушин</p>
Ведущие колеса	<p>Твердость НВ рабочей поверхности зуба должна быть (не менее): на поверхности 430, на глубине 5 мм — 375, на остальных поверхностях в пределах 156...241.</p> <p>Разность окружных шагов зубьев — не более 1 мм.</p> <p>Допускается без исправления на поверхности зуба по одной раковине до 3 мм (не более чем на пяти зубьях).</p> <p>Неплоскостность посадочной поверхности — не более 0,1 мм.</p> <p>Биение наружной поверхности относительно оси отверстия — не более 2 мм</p>
Направляющие колеса	<p>Сварочные швы должны быть плотными, ровными, без трещин и перемычек.</p> <p>На обработанной поверхности отверстия ступицы допускается не более пяти раковин размером до 1 мм.</p> <p>Биение наружной поверхности обода относительно оси (диаметр 120 мм) отверстия — не более 2 мм.</p> <p>Биение поверхности отверстия (диаметр 120 мм) относительно торцовых поверхностей допускается не более 0,25 мм.</p> <p>Шероховатость обработанной поверхности отверстия ступицы должна соответствовать <math>R_z = 20</math> мкм</p>
Коленчатая ось	<p>Прошлифованные (накатанные) шейки оси должны иметь шероховатость <math>R_z = 1,25...0,63</math> мкм.</p> <p>На поверхности шеек не должно быть поперечных или кольцевых трещин. Допускаются поры диаметром до 0,5 мм, расположенные не ближе 10 мм одна от другой.</p> <p>Овальность и конусность шеек допускаются не более 0,02 мм на всей длине каждой шейки.</p> <p>Биение — не более 0,1 мм.</p> <p>Смещение отверстий диаметром 6 мм на резьбовом конце оси относительно диаметральной плоскости — не более 0,15 мм.</p> <p>Допускается сверление новых отверстий перпендикулярно старым, если смещение между ними более 0,15 мм</p>



тельство учтено при восстановлении проушин звеньев по прогрессивной технологии\* наплавки изношенных поверхностей лежащим электродом с одновременной прошивкой проушины пуансоном. При этом используют пластинчатый электрод АНН-43 с толстым покрытием. Его зажимают в электродержателе и вводят в проушины звена. В крайней проушине дуга у рабочего электрода возбуждается специальным угольным электродом. Поскольку дуга горит между электродом и подкладкой, то ее тепловое действие на сталь Г13Л значительно уменьшается. Кроме этого, одновременно с наплавкой деталь охлаждают водой. Пуансон применяют для устранения напылов металла, возникающих при наплавке проушин. На его конце имеется калибрующая рабочая часть из твердого сплава. Пуансон перемещается за электродом, сглаживая поверхность металла, которая находится еще в пластическом состоянии.

Ведущие колеса изготавливают из легированной стали 45Л, коленчатые оси из 40Х. Следует отметить, что стали, содержащие болсе 0,35% углерода и легирующих элементов более 8%, свариваются ограниченно или плохо. Содержание углерода выше 0,2% приводит к возрастанию закаливающих свойств стали, а также к возникновению хрупких закалочных трещин и остаточных напряжений. Чтобы избежать этих дефектов, сварку выполняют с минимальным усилием, не допуская появления пор, непроваров, шлаковых включений, подрезов, с плавным переходом от изделия к поверхности наплавленного слоя. Нельзя применять «прихватки», которые затем полностью не завариваются, а также подваривать дефекты короткими швами (менее 100 мм). Многослойную наплавку следует вести так, чтобы при наложении последующего слоя предыдущий не успел охладиться до температуры ниже 200°C. Сталь, легко поддающуюся закалке, перед сваркой следует подогреть до температуры 200...250°C.

Изношенные зубья ведущих колес тракторов тягового класса 6 восстанавливают наплавкой электродом Э-50 (диаметром 5,5 мм), а тракторов класса 3 — наплавкой в три слоя порошковой проволокой ПП-3 с помощью аппарата А-765 и выпрямителя ВС-600. Режимы наплавки следующие: сила тока — 380...400 А, напряжение — 29...30 В, скорость подачи проволоки — 0,017 м/с.

Шпоночные канавки коленчатой оси, изношенные до ширины более 8,15 мм, восстанавливают наплавкой стенок электродом ОММ-5 (диаметром 4...5 мм). Затем шпоночную канавку обрабатывают на фрезерном или долбежном станке при следующем режиме: скорость резания — 0,25 м/с; подача — 0,15 мм на двойной ход; число ходов — 85.

В прогрессивных технологиях ремонта, позволяющих повы-

---

\* Разработана Институтом электросварки им. Е. О. Патона.



ситель производительность и облегчить труд рабочего, кроме сварки лежащим электродом применяют сварку пучком и наклонным электродом, а также сварку трехфазной дугой.

Сварку пучком электродов применяют, когда требуется наплавить большое количество металла. Сущность сварки спаренным пучком электродов состоит в следующем. Два стержня из электродной проволоки складывают вместе и покрывают обмазкой (масса обмазки должна составлять от массы стержней около 25%). Сварку спаренным электродом выполняют так же, как и обычным. Пучок электродов получается, если несколько обычных покрытых электродов сложить вместе и скрепить проволокой. Контактные концы пучка сваривают и вставляют в электродержатель. В этом случае получается блуждающая дуга, так как горит она попеременно между отдельными электродами и свариваемым металлом. Силу тока  $I$  рассчитывают по формуле

$$I = (20...30)nd,$$

где  $n$  — число электродов в пучке;  $d$  — диаметр электродов, мм.

При сварке пучком, состоящим из пяти и более электродов, часть стержней не включается в цепь сварочного тока и они плавятся благодаря теплоте сварочной ванны. Сварка спаренными электродами и пучком электродов может выполняться на повышенном токе, что увеличивает производительность в 1,5...2 раза. Применение такого способа сварки на 20...30% снижает удельный расход электроэнергии за счет лучшего использования теплоты дуги. При этом потери на угар и разбрызгивание уменьшаются до 8...10% (вместо обычных 15...20%).

Сварку наклонным электродом используют для наложения коротких прямолинейных швов. Сущность способа заключается в следующем. Электрод с толстым покрытием в специальной обойме крепят наклонно к наплавляемому изделию. Обойма может свободно опускаться по стойке, изолированной от свариваемого изделия. Сварочную дугу возбуждают замыканием конца электрода на изделие другим электродом или угольным стержнем. Горение дуги поддерживается за счет чехольчика, образующегося из покрытия, на которое опирается электрод. По мере горения дуги обойма опускается по стойке, благодаря чему поддерживается постоянный (25...30°) угол наклона электрода к изделию. Сила тока выбирается из расчета 40 А на 1 мм диаметра стержня электрода. Длина электрода — 1000...1200 мм. Для повышения производительности при нанесении широких слоев, например при наплавке изношенной беговой дорожки звеньев гусеницы, используется пучок из трех-пяти электродов. Силу тока в этом случае выбирают, как при обычной ручной наплавке пучком электродов.

Сварку трехфазной дугой применяют в основном при операциях, где требуется наплавить большой объем металла. При

этом применяют специальные электроды, состоящие из двух стержней, имеющих общее покрытие, но изолированные один от другого. Защищенные концы стержней соединяют с электродержателем особой конструкции, позволяющим подводить ток к каждому стержню отдельно. При сварке две фазы присоединяют к электродержателю, а третью — к свариваемому изделию. В процессе сварки горят одновременно три дуги: две между каждым стержнем и металлом и одна между двумя стержнями. При этом выделяется большое количество теплоты, что повышает производительность трехфазной сварки по сравнению с однофазной в 2...3 раза. Этим способом сваривают изделия из низколегированных и легированных сталей большой и средней толщины, а также ведут наплавку твердым сплавом.

При наплавке прутками или электродами из твердых сплавов на железной основе, применяемых для восстановления зубьев ведущих и ободов направляющих колес, используют преимущественно постоянный ток силой 200...250 А. Можно наплавлять и при переменном токе 225...300 А. Лучшие результаты наплавки получаются с предварительным подогревом изделия до температуры 300...400 °С. Наплавку ведут не более чем в три слоя. При больших размерах наплавки первоначальную форму детали восстанавливают обычными электродами, а затем наносят слой твердого сплава.

**Автоматическая наплавка под слоем флюса** применяется для восстановления опорных катков, поддерживающих роликов и направляющих колес.

По сравнению с ручной автоматической наплавкой под слоем флюса повышает производительность в 6...10 раз. Потери на разбрызгивание, угар и огарки составляют здесь всего 1...3 %. Кроме этого, обеспечиваются полное сплавление наносимого металла с основным, возможность легирования и получения наплавленного металла хорошего качества, а также отсутствие излучающего действия дуги, возможность получения слоя наплавленного металла в пределах 1,0...8,0 мм; стабильность и автоматизация процесса способствуют более широкому распространению этого метода на ремонтных предприятиях.

На качество и механические свойства наплавленного слоя большое влияние оказывают: выбранный прием наплавки; материал электродной проволоки и ее диаметр; состав и грануляция флюса; скорости подачи проволоки и наплавки; сила, род и полярность тока; напряжение на дуге; вылет и расположение электрода по отношению к наплавляемой поверхности.

Наплавку цилиндрических поверхностей опорных катков, поддерживающих роликов и направляющих колес обычно ведут по винтовой линии с перекрытием предыдущего валика последующим на  $\frac{1}{2}$ ... $\frac{1}{3}$  ширины. Основные параметры режима наплавки цилиндрических поверхностей представлены в таблице 77.

**77. Режимы наплавки цилиндрических поверхностей под слоем флюса в зависимости от диаметра детали**

Диаметр, мм	Сила тока (А) для проволоки диаметром (мм)		Напряжение, В
	1,2...1,6	2...2,5	
50...60	120...140	140...160	26...28
65...75	150...170	180...210	26...28
80...100	180...200	230...280	28...30
150...200	230...250	300...350	30...32
200...300	270...300	350...380	30...32

*Продолжение табл. 77*

Диаметр, мм	Скорость наплавки, м/с	Скорость пода- чи электрод- ной проволо- ки, м/с	Шаг наплавки, мм/об	Высота одного нап- лавленного слоя, мм
50...60	0,27...0,40	1,2	3	1,5...2,5
65...75	0,27...0,47	1,4	3,5...4,0	1,5...2,5
80...100	0,27...0,50	1,6	4	1,5...2,5
150...200	0,27...0,52	2,3	5	2,0...3,0
200...300	0,27...0,58	3,3	6	2,0...3,0

Смещение электрода относительно зенита в сторону, противоположную вращению изделия, определяют опытным путем за несколько приемов. Обычно смещение находится в пределах 5...15 мм. При этом расплавленный флюс и металл в процессе наплавки должны удерживаться на поверхности изделия, не растекаясь.

Повышение твердости и износостойкости наплавленного слоя достигается добавкой во флюс чугушной стружки с размером частиц от 0,25 до 1,6 мм, которую смешивают с флюсом АН-348А, жидким стеклом (17...18% жидкого стекла массы всей смеси), добавляя размельченную в порошок шлаковую корку. Тщательно перемешанную массу просеивают сквозь сито и сушат в течение 90...120 с при температуре 200...300 °С.

Если требуется получить твердость слоя не менее НВ 200...350, наплавленного малоуглеродистой проволокой Св-08, то к флюсу АН-348А добавляют 15...20% чугушной стружки и 5% ферромарганца. При использовании обычного флюса такую твердость можно получить только при наплавке проволокой из стали У7, У8 или легированной. При добавке к флюсу 20...40% стружки и 10% ферромарганца твердость слоя, наплавленного проволокой Св-08, получится более НВ 350.

По типовой технологии Государственного всесоюзного научно-исследовательского технологического института ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГОСНИТИ) изношенные ободы опорных катков и поддерживающих роликов

наплавляют проволокой из стали У-8 и Св-30ХГСА диаметром 1,6...2,0 мм под флюсом АН-348А, а также проволокой Св-08 под флюсом АН-384А или АНЛ-10. Обработку ведут с помощью автоматических аппаратов А-580М, А-409А или полуавтоматов ПШ-5, смонтированных на токарном станке, при следующем режиме: сила тока — 240...260 А, напряжение — 28...30 В, частота вращения опорного катка —  $0,0125 \text{ с}^{-1}$ , скорость подачи проволоки — 0,08 м/с.

На близком к этому режиме с использованием электродной проволоки Нп-30ХГСА диаметром 1,6...2,0 мм или порошковой проволоки ПП-ТН250 диаметром 3 мм наплавляют наружные поверхности направляющих колес.

Одновременно можно наплавлять по 8...10 опорных катков, изношенных до диаметра менее 340 мм, в результате чего ощутимо возрастает производительность труда. При этом используют электродную проволоку диаметром 2...4 мм. Данную операцию ведут на автомате СУ-2-3 одновременно четырьмя электродами на одном опорном катке. За один оборот наплавляется слой шириной 50 мм.

Широко применяется такая технология, как наплавка опорных катков под слоем флюса АН-60 ленточными порошковыми электродами (50% сормайта и 50% железного порошка), позволяющая увеличить срок службы катков в 2 раза. Режим наплавки: сила тока — 750...800 А, напряжение — 20...30 В, частота вращения изделия —  $0,66 \text{ с}^{-1}$ , вылет электрода — 40 мм. Толщина наплавленного слоя за один оборот составляет 3,0...3,5 мм. Данную операцию выполняют с помощью модернизированного автомата типа АДС-1000. Источник питания — генератор постоянного тока (1000 А).

По технологии Ленинградского сельскохозяйственного института (ЛСХИ) рекомендуется наплавлять опорные катки и направляющие колеса под слоем флюса АН-60 порошковой лентой на основе сормайта или лентой из стали 65Г, У10А толщиной 0,1...0,3 мм при следующем режиме: плотность тока — не менее  $1,5 \text{ кА/м}^2$ , напряжение — не ниже 25 В; вылет электрода — 30...35 мм; ток — постоянный, обратной полярности. Такая технология наплавки, несмотря на некоторые трудности, обладает рядом преимуществ благодаря высокой производительности, малой глубине проплавления, повышенной износостойкости.

Для восстановления опорных катков тракторов тягового класса 6 автоматической наплавкой используют флюс АН-348, порошковую электродную проволоку марки ПП-3 диаметром 3,6 мм и головку А-340 с выпрямителем тока ВС-600. Проволока проходит через сменный мундштук с зазором 0,1...0,5 мм. Режим наплавки следующий: ток — постоянный, 350...380 А, напряжение — 30...32 В; подача супорта — 3,5...4,5 мм/об; вылет электрода — 15 мм. Толщина наплавленного слоя металла составляет 5,0...5,5 мм. Наплавленная поверхность получается

без пор и раковин с твердостью HRC 56...60 и не требует механической обработки.

Изношенные беговые дорожки звеньев гусениц тракторов класса 6 также восстанавливают наплавкой порошковой лентой под слоем флюса. Однако после наплавки звено имеет припуск в 3 мм для последующей обработки, что с учетом сравнительно высокой твердости поверхности беговой дорожки (не ниже HRC 44) делает ее механическую обработку после наплавки без применения отжига весьма затруднительной.

Используя прогрессивные методы электроконтактной обработки, можно обеспечить высокую производительность обработки наплавленной поверхности, практически независимую от ее твердости. Установку для электроконтактной обработки наплавленной поверхности беговой дорожки звена монтируют на станке 1К62 с увеличенной на 180 мм высотой центров. В планшайбе, закрепленной на шпинделе, размещаются одновременно девять звеньев. Инструмент, представляющий собой чугунный или стальной диск (350 мм), устанавливают на суппорте. С помощью сменных шкивов клиноременной передачи можно изменять скорость его вращения в пределах 30...50 м/с. Охлаждающая жидкость (3...5%-ный раствор кальцинированной соды) подается в эрозионный промежуток между звеньями и диском с помощью насоса ЗК9. В качестве источника питания используют трансформатор ТПТ-160/21 с выпрямительным устройством. Режим электроконтактной обработки принят следующий: напряжение 25 В, сила тока — 0,5...1,5 кА; скорость передвижения инструмента — 40 м/с, изделия — 0,5 м/с; глубина обработки — 0,04...0,07 мм/об.

Кроме указанной наплавки с применением ленточного электрода, к прогрессивному высокопроизводительному способу относится способ с применением двух- и многоэлектродной наплавки. При двухэлектродной наплавке через специальный мундштук одновременно подаются две проволоки или закрепляются на специальном приспособлении два полуавтомата. При многоэлектродной наплавке используется явление «блуждающей» дуги. Все электроды, расположенные в ряд, подключают к одному полюсу источника питания и через специальный мундштук подают их с одинаковой скоростью перпендикулярно направлению наплавки. Шестью электродами диаметром 3 мм при силе тока 750...800 А за один проход можно наплавить слой шириной до 70 мм и толщиной 3...4 мм.

**Автоматическая вибродуговая наплавка** применяется для восстановления изношенных поверхностей коленчатых осей, балансиров каретки и осей качания.

Наплавка ведется колеблющимся электродом, и в течение всего процесса происходит возбуждение и прерывание электрической дуги. Вибрация электрода по сравнению с обычной ручной электронаплавкой и даже с наплавкой под слоем флюса дает возможность наносить металл при низком напряжении ис-

точника тока, когда процесс с непрерывной дугой невозможен. В связи с разрывом дуги при вибродуговой наплавке происходит мелкокапельный переход металла с электрода на изделие; образуется минимально возможная сварочная ванна, позволяющая добиваться достаточно хорошего сплавления электродного металла с основным, небольшого нагрева изделия и малой по глубине зоны термического влияния. Кроме того, при вибродуговой наплавке резко уменьшается выгорание легирующих элементов электродной проволоки, можно получать тонкие и весьма прочные покрытия толщиной 0,8...2,5 мм на круглых изделиях диаметром от 15 до 300 мм. В большой степени такому эффекту способствует используемая при наплавке охлаждающая жидкость, которая также снижает нагрев и деформацию детали.

Производительность вибродуговой наплавки выше, а потери металла на разбрызгивание и испарение ниже, чем при ручной электросварке. Однако малая сварочная ванна не обеспечивает хорошего перемешивания основного и наплавляемого металлов. По этой причине в шве часто содержится много пор и микротрещин. Охлаждаемая жидкость закаливает наплавленный валик, но последующий валик частично расплавляет предыдущий и создает зону отжига, что приводит к возникновению напряженного состояния и увеличению трещин в зоне наплавки. Наплавленный слой получается пористым и неоднородным по твердости и структуре металла.

Диаметр электродной проволоки для вибродуговой наплавки выбирают главным образом в зависимости от толщины наплавляемого слоя и мощности имеющегося источника тока. Чем больше наплавляемый слой, тем больше требуется диаметр проволоки. Для наплавки слоя толщиной до 1 мм применяют проволоку диаметром 1,0...1,6 мм, для слоя 2 мм — до 2,5 и для слоя толщиной более 2 мм — диаметром 2...3 мм.

Для вибродуговой наплавки в большинстве случаев используют постоянный ток обратной полярности. На прямой полярности резко возрастают потери электродной проволоки на разбрызгивание и ухудшается проплавление основного металла. Силу тока обычно выбирают по плотности из расчета 60...75 А/мм<sup>2</sup> — для электродов диаметром до 2 мм, 50...70 А/мм<sup>2</sup> — для электродов диаметром более 2 мм.

При переменном токе вибродуговой наплавкой достигается лучшее качество наплавленного металла, чем при постоянном, и меньший расход электроэнергии. Однако такая наплавка сложнее, а потери электродного материала на разбрызгивание выше, поэтому ее применяют сравнительно редко.

Напряжение существенно влияет на ход процесса и качество наплавки. Оптимальным его значением для вибродуговой наплавки считается 12...22 В. С повышением напряжения увеличивается длительность дугового разряда и нагрев детали, а следовательно, возрастает выгорание углерода и легирующих

элементов, снижается твердость наплавленного слоя, увеличивается (до 15%) потеря электродного материала.

Слой толщиной до 1 мм на тонкостенные изделия наплавляют при напряжении 12...14 В, а слой большей толщины — при напряжении 16...20 В. Для получения более устойчивого процесса при нанесении толстых слоев (до 2...3 мм) на крупные изделия напряжение иногда увеличивают до 24...28 В.

Скорость подачи проволоки также очень важна. С ее возрастанием увеличивается период короткого замыкания, электрод быстро разогревается и крупными кусочками, не успевая расплавиться, попадает в наплавляемый шов. В результате этого резко ухудшается качество наплавки. С уменьшением скорости подачи проволоки появляется возможность образования пропусков в наплавленном металле. При напряжении в цепи до 15 В для электродов диаметром 1,6...2,5 мм скорость подачи электродной проволоки следует принимать 0,5...0,6 м/с, а при более высоком напряжении — 0,6...1,8 м/с.

По типовой технологии ГОСНИТИ вибродуговой наплавкой восстанавливают поверхности под малую и большую втулки коленчатой оси и оси качания тракторов тягового класса 3. Наплавляют на токарном стапке в центросмесителе с помощью головки ГМВК-2 или КУМА-1 электродной проволокой (диаметром 1,6 мм) из стали У7, У8, 65Г и Нп-30 при следующем режиме: сила тока — 160...190 А, скорость подачи проволоки — 0,03 м/с, расход охлаждающей жидкости — 0,8...1,2 л/мин.

Известна технология восстановления вибродуговой наплавкой изношенных отверстий балансиров с помощью головки ОКС-1252А. Для этого на токарном станке 1К62 поднимают на 270 мм переднюю бабку, понижают частоту вращения шпинделя до 0,01 с<sup>-1</sup>. Наплавку ведут сварочной проволокой Св-08 диаметром 1,6...2,0 мм без подачи охлаждающей жидкости.

В Ленинградском сельскохозяйственном институте разработан новый высокопроизводительный способ широкослойной наплавки колеблющимся электродом, совершающим колебания по ширине присадочной ленты, в результате чего она наплавляется на изношенную поверхность. Плотный контакт ленты с поверхностью изделия обеспечивается ее подачей под углом. На участке вылета лента подогревается электрическим током. Кроме этой теплоты и теплоты сварочной дуги, на ленту воздействуют капли расплавленного металла электрода и сварочной ванны. Электродная проволока подается также под углом, что обеспечивает интенсивное перемешивание металла в ванне и расплавление ленты. Этот способ обеспечивает наплавку присадочной ленты до 0,005 кг/с с толщиной слоя до 8 мм. Наплавляют на установке ОКС-14408 (производительность не менее 25 деталей за смену) при следующем режиме: сила тока — 400...700 А, вылет электродной проволоки — 30...50 мм, скорость ее подачи — 0,03...0,1 м/с, скорость подачи присадоч-

ной ленты — 0,001...0,004 м/с, ее вылет — 30...70 мм. Используют электродную проволоку диаметром 2,5...3,6 мм и присадочную ленту сплошного сечения 2 × 40 и 2 × 42 мм, а также порошковую ленту сечением 4 × 20 мм. Для питания электроэнергией применяют выпрямитель ВКСМ-1000.

Материалы для широкослонной наплавки выбирают в зависимости от уровня твердости, которому должна соответствовать восстанавливаемая поверхность. Для наплавки поверхностей с низкой твердостью рекомендуется порошковая проволока ПП-ТН250 или проволока сплошного сечения Св-08, Св-08А с флюсом АН-348. Для получения поверхностей высокой твердости без последующей термической обработки наплавлять следует порошковой самозащитной проволокой ПП-АН122 или наплавочной проволокой Нп-30ХГСА с керамическим флюсом на режимах, рекомендуемых ГОСНИТИ для деталей ходовой системы тракторов тяговых классов 3, 4 и 6 (табл. 78). Беговые дорожки опорных катков наплавляют на установках ОКС-11200 ГОСНИТИ, беговые дорожки натяжных и направляющих колес — на ОКС-11237 ГОСНИТИ, реборды роликов и натяжных колес — на ОКС-11238 ГОСНИТИ и ОКС-11236 ГОСНИТИ.

**Электрошлаковая наплавка**, применяемая для восстановления опорных катков, — высокопроизводительный и качественный способ ремонта. По своей технологической схеме электрошлаковая наплавка подобна наплавке под слоем флюса. Принципиальное ее отличие заключается в отсутствии дугового разряда при установившемся режиме наплавки. Электрическая дуга горит только в начале процесса до расплавления достаточно большого слоя применяемого жидкого флюса. При погружении электрода в жидкий флюс дуга гаснет. Ток, проходящий через расплавленный флюс, подогревает его. Шлаковая ванна нагревается выше температуры плавления металла и расплавляет электрод, поверхность изделия, легирующие присадки.

Металл, наплавленный электрошлаковым методом содержит 80...90% расплавленного электродного металла. Это дает возможность легировать наплавленный слой только благодаря электродному металлу.

Опорные катки трактора ДТ-75 восстанавливают методом электрошлаковой наплавки на установке ОКС-7755-1 ГОСНИТИ, а трактора Т-150 — на ОКС-7755-2 ГОСНИТИ. Производительность первой установки (при ширине обода 48 мм и толщине наплавленного слоя 10 мм) составляет 25...30, а второй (при ширине обода 60 мм и той же толщине наплаваемого слоя) — 18...23 катка за смену. Рекомендуется следующий режим наплавки обода опорных катков тракторов тягового класса 3: сила тока — 800...900 А, напряжение — 36...40 В, скорость подачи электрода — 0,05...0,06 м/с, глубина шлаковой ванны — 80 мм, сухой вылет электро-



### 78. Режим широкопослойной наплавки деталей ходовой системы гусеничных тракторов

Параметры	Наплавление опорных катков		Наплавление реборд		Наплавление натяжных колес	
	порошковой проволокой	под флюсом	порошковой проволокой	под флюсом	порошковой проволокой	под флюсом
Число электродов	2	2	1	1	2	2
Диаметр проволоки, мм	2,6	2,0	2,6	2,0	2,6	2,0
Сила тока, А	800...850	750...860	280...320	280...320	500...700	500...700
Напряжение, В	28...30	26...32	26...28	28...32	28...30	32...36
Скорость подачи проволоки, м/с	0,09	0,08	0,05	0,04	0,05	0,04
Скорость наплавки, м/с	0,002...0,003	0,002...0,003	0,004...0,005	0,004...0,005	0,002...0,003	0,002...0,003
Частота колебаний, Гц	0,5...0,6	0,5...0,6	—	—	—	—
Вылет электрода, мм	50	30...50	50	30...50	50	30...50

да — 140...150 мм, число электродов — 2, скорость подачи сормайта — 0,001...0,002 кг/с.

Опорные катки трактора Т-130 наплавляют при следующем режиме: сила тока — 950...1050 А, напряжение — 36...38 В, скорость подачи двух электродов диаметром 4 мм — 0,03 м/с, глубина шлаковой ванны — 55...65 мм, сухой вылет электродов — 190 мм, количество сормайта — 12...15% массы проволоки.

**Механизированная наплавка в среде углекислого газа** применяется для восстановления опорных катков. Углекислый газ выполняет роль защитной среды. Поступая в зону сварки, он оттесняет воздух и предохраняет металл от вредного действия азота и кислорода. Получается плотный, хорошо сформированный слой наплавленного металла. Коэффициент наплавки при этом выше, чем при восстановлении под слоем флюса. Производительность труда при этом способе ремонта повышается в 5...6 раз по сравнению с ручной наплавкой. В отличие от наплавки под слоем флюса зона восстановления хорошо видна, нет необходимости удалять шлаковую корку, убирать и насыпать флюс и т. д.

Опорные катки наплавляют на установке с автоматом А-580 при давлении углекислого газа на низкой ступени редуктора 0,15 МПа, силе тока 250...260 А, напряжении 28...30 В, скорости подачи электродной проволоки 2...3 м/с, вылете электрода 25...30 мм.

**Механизированная наплавка в среде водяного пара**, используемая для восстановления опорных катков, поддерживающих роликов и ведущих колес, не требует флюса или дорогостоящего газа.

Водяной пар подается к дуге парообразователями периодического или непрерывного действия или от магистрали. Режимы автоматической наплавки изделий диаметром 40...70 мм при давлении пара 0,015...0,025 МПа приведены в таблице 79.

**79. Режимы наплавки в среде водяного пара в зависимости от диаметра изделия**

Диаметр, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Частота вращения изделия, с <sup>-1</sup>	Скорость подачи электродной проволоки, м/с	Подача суппорта, мм/об	Толщина наплавленного слоя, мм
40	180	28	0,10	0,040	6	1,5...2,5
	180	27	0,066	0,040	6	2,0...2,5
50	200	27	60,10	0,045	6	1,5...2,0
60	180...	27...	0,10	0,045	6	1,0...1,3
	200	28				
70	180	27	0,33...0,10	0,050	6	1,5...3,0

Опорные катки и поддерживающие ролики тракторов тягового класса 3 наплавляют на установке с автоматом А-580 электродной проволокой У-7 диаметром 1,8 и 2,0 мм при следующем режиме: сила тока — 180...250 А, напряжение — 25...30 В, вылет электрода — 20...30 мм, давление пара — 0,015 МПа при длине струи 150...300 мм. Опорные катки тракторов класса 6 наплавляют на двухдуговом автомате, используя два сварочных преобразователя ПС-500, при следующем режиме: сила тока — 320 А, напряжение — 30...35 В, скорость подачи проволоки диаметром 2,5 мм — 0,035 м/с.

Зубья ведущих колес тракторов класса 3 восстанавливают наплавкой в среде водяного пара на сварочном полуавтомате Д-54Р или ПШ-54. Для питания электроэнергией используют преобразователь ПСО-500.

Метод заливки жидким металлом, который применяют для восстановления опорных катков, поддерживающих роликов, ведущих колес, относится к новому высокопроизводительному и экономичному способу ремонта.

На очищенную поверхность детали наносят специальный флюс, нагревают ТВЧ в индукторе и помещают в форму. Жидкий металл через литниковую систему заполняет промежуток между стенкой формы и поверхностью изношенного изделия. Для лучшего сплавления залитого металла и восстанавливаемого изделия применяют различные материалы и флюсы. Под влиянием теплоты флюсы плавятся, уменьшая угол смачивания, способствуют растеканию жидкого металла.

Наиболее широкое применение находят флюсы из мелкодисперсных порошков синтетических шлаков АНШ-100 и АНШ-200, предназначенные для работы в интервале температур 780...1150 °С. В качестве связки для них применяют лак № 302. При температуре 650...700 °С флюс плавится и равномерно растекается по восстанавливаемой поверхности. Образовавшийся при этом защитный слой растворяет пленки, содержащиеся на наплавляемой поверхности, и предохраняет ее от контакта с кислородом воздуха. Все это способствует высококачественному сплавлению основного и залитого металла. Синтетические флюсы не выделяют токсичных газов и дыма, не дают выбросов при попадании воды, что улучшает условия труда.

Восстановление деталей заливкой жидким металлом в специально изготовленных для этой цели формах — кокилях — по сравнению с другими способами обладает рядом преимуществ. К ним относятся: высокая точность размеров; повышенная производительность, превышающая в несколько раз производительность при восстановлении под слоем флюса; низкая себестоимость; возможность повышать межремонтный ресурс благодаря применению износостойких металлов и сплавов. Металл для восстановления плавят в высокочастотных индукционных тигельных электропечах.

Опорные катки тракторов тягового класса 3 восстанавливают на поточно-механизированных линиях по технологии Института проблем литья АН УССР. Подготовку к заливке ведут на специальной роторной установке. Катки зачищают абразивным кругом и металлической щеткой. Покрытые лаком № 302 опорные катки прокатывают по слою флюса АНШ-200. Высокопрочный чугуи заливают на шестипозиционной установке УНК-6МЗ.

Поддерживающие ролики после нагрева ТВЧ помещают в кокиль. Рабочую поверхность кокиля и совмещенную литниковую систему футеруют для уменьшения теплоотдачи в сторону кокиля. При необходимости кокиль можно охладить водой.

Расплавленный металл заливают в промежуток между изношенной деталью и стенкой кокиля через литниковую систему. После выдержки в течение 6...9 с поддерживающий ролик извлекают для нагрева и заливки противоположной стороны или перемещают в накопитель после заливки обеих сторон. При заливке и нагреве в индукторе ролики вращают, что обеспечивает равномерный нагрев восстанавливаемой поверхности и распределение металла по всему периметру.

Заливку ведущих колес можно проводить высокопрочным чугуном. Литниковая дождевая система находится в кольцевой выточке кокиля. Отверстия в литниковой системе расположены строго над полостями, образуемыми стенкой кокиля и боковой поверхностью зубьев ведущего колеса, заливать можно через две секторные литниковые системы, расположив их через 180°, двумя ковшами одновременно. В секторные литниковые системы при их изготовлении устанавливают арматуру из проволоки диаметром 4...6 мм. Для ведущих колес при кольцевой дождевой системе каркас, отлитый из чугуна, армирован стальной проволокой диаметром 5 мм.

По технологии ГОСНИТИ торцы проушин звеньев перед заливкой зачищают на обдирочно-шлифовальном станке, прожигают отверстие угольным электродом КП-120 × 300, используя сварочный преобразователь ПСО-500. Затем устанавливают технологический палец и торцевой прижим с пружиной, которые способствуют формированию вкладыша. Заливку проводят из тиглей, в которых плавятся заготовки из стали 45, на установке с поворотным столом. После этого технологический палец выпрессовывают.

На практике многие ремонтные предприятия вместо специальных технологических пальцев при заливке в проушины устанавливают серийные пальцы, а также не ставят уплотнители торцов проушин. Все это приводит к повышению уровня шума, а также поломкам пальцев при эксплуатации ходовой системы с восстановленными таким образом звеньями. Не следует восстанавливать рассматриваемым методом звенья, размер проушин которых более 27 мм. Это связано с плохой фик-

сацией в проушине залитого металла и возможностью его проворачивания в эксплуатации.

**Пластическое деформирование** применяют при ремонте звеньев гусениц. По технологии, предложенной Саратовским институтом механизации сельского хозяйства (СИМСХ), звенья этим методом восстанавливают следующим образом. Звено нагревают до температуры  $400...410^{\circ}\text{C}$  и выдерживают в течение  $10...15$  мин, а затем  $20$  мин — при температуре  $1000...1110^{\circ}\text{C}$  в электродной печи с расплавом соли хлористого бария. При таком режиме растворяются карбиды и обеспечивается пластичность стали Г13Л и исключается поверхностное обезуглероживание. После нагрева звено помещают в закрытый секционный штамп с автоматически регулируемым рабочим объемом каждой секции в зависимости от степени износа отдельных проушин. Регулировать объем секции можно применением в конструкции штампов индивидуальных гидравлических пуансонов. Штамп работает от 12-шпиндельного гидравлического агрегатного пресса с усилием на шпинделях  $60$  МН. За время деформации звена в штампе ( $5...6$  с) обеспечиваются правка звена и восстановление геометрии отверстий проушин и цевки.

**Постановка дополнительных ремонтных деталей** применима для восстановления большинства рассматриваемых деталей ходовой системы гусеничных тракторов. Используя этот метод, детали можно восстанавливать двумя способами: постановкой бандажей или новых трущихся элементов вместо износившихся с увеличением запаса на износ. При восстановлении с помощью бандажа беговые дорожки катков протачивают на токарном станке до диаметра  $305...307$  мм. Бандаж нагревают до температуры  $300...400^{\circ}\text{C}$ , напрессовывают и приваривают с торцов. Для изготовления бандажей используют стальную полосу размером  $40 \times 20$  мм. Разновидность этого способа — постановка бандажа из стальной полосы  $45 \times 45$  мм со специальным заполнением чугуновой стружкой на высоту  $35...40$  мм промежутка между бандажом и катком с последующей торцевой наплавкой проволокой 30ХГСА (диаметром  $1,8$  мм).

Изношенные беговые дорожки поддерживающих роликов перед постановкой бандажей протачивают до выведения следов износа и овальности. Стальные бандажные кольца изготавливают так, чтобы обеспечить натяг в пределах  $0,10...0,25$  мм. Кольца нагревают и запрессовывают, а затем приваривают с торцов электродуговой сваркой электродами УОНИ-13/55.

Постановкой бандажей по типовой технологии рекомендуется восстанавливать поддерживающие ролики с износом поверхности до диаметра  $180...175$  мм. Бандажи целесообразно изготавливать из прутка диаметром  $16...20$  мм и приваривать по всему периметру.

На поддерживающие ролики при восстановлении могут

устанавливаются также резиновые бандажки. Подобная конструкция поддерживающих роликов тракторов ДТ-75 и ДТ-75М позволяет заменять бандажки после износа. При этом их надевают на ступицу поддерживающего ролика с двух сторон и зажимают (с помощью болтов) на одной стороне фланцем крышки и ступицы, а на другой — фланцами корпуса уплотнения и ступицы поддерживающего ролика. Для поддерживающих роликов ходовой системы тракторов других марок (тягового класса 3) освоено производство резиновых бандажей из смеси Я-62-122 в специальных пресс-формах. Вулканизируют на плите пресса с электрообогревом при нагрузке 600...800 Н и нагреве до температуры 143...157°C, продолжительность процесса — 4,7 мин.

Малоярославецким филиалом ЦОКТБ и ГОСНИТИ разработана технология восстановления ведущих колес с обрезкой изношенных зубьев по копиру на газорезущей машине АСШ-70 с последующей приваркой корытообразных вкладышей из стали 45 либо заменой зубчатого венца вновь отлитым из стали 45Л1 с последующей закалкой до твердости НВ 430. Направляющие колеса также могут быть восстановлены приваркой бандажки из стальной полосы толщиной 8...10 мм.

Рассмотренные ранее детали изнашиваются по наружным поверхностям. Поэтому для их восстановления применяют бандажки внешней установки. По аналогии при износе внутренних поверхностей для восстановления используют бандажки внутренней установки — различные вкладыши или втулки. Так, для восстановления звеньев гусениц с износом проушин более 5...8 мм применяют вкладыши, изготовленные из стали 45 или 50 с помощью специального штампа на прессе или молоте. Вкладыши нагревают до температуры 820...830°C и закаливают в масле. Звено гусеницы устанавливают на кантователь проушинами вверх, вставляют медный палец диаметром 22,5 мм, а в образовавшийся зазор — вкладыш. При повороте звена на 180° вкладыш под действием собственной массы и массы пальца прижимается к изношенной поверхности проушины. В таком положении вкладыш приваривают к торцу звена.

Изношенные поверхности под ось качания у внутреннего балансира трактора ДТ-75 до диаметра 50,5 мм восстанавливают постановкой втулок. Деталь устанавливают на столе радиально-сверлильного станка 2А55 и рассверливают посадочные отверстия до диаметра 54 мм. Изготовленную из стали 45 втулку запрессовывают в подготовленное отверстие на гидравлическом прессе. Втулку приваривают сваркой с обеих сторон в трех точках под углом 120°. У внешних балансиров меняют втулки при износе внутренней поверхности малой втулки до диаметра более 51,95 мм и большой — более 71,9 мм. Для этого на гидравлическом прессе (200 кН) с помощью наставок выпрессовывают изношенные втулки и вместо них запрессовы-

вают новые. Для обеспечения необходимого натяга диаметры отверстий балансира под малую втулку должны быть не менее 62,07 мм, а под большую — не более 80,07 мм.

Приваркой с внутренней стороны обода кольца или прутка достигается увеличение запаса на износ и продление срока службы опорного катка. Периодической приваркой стальных пластин во впадины ведущих колес по технологии ГОСНИТИ достигается увеличение запаса на износ и приведение в соответствие шага колеса шагу износившейся гусеницы. Толщина привариваемых пластин должна соответствовать разности шага гусеницы и колеса.

За период эксплуатации гусениц тракторов тягового класса 3 рекомендуется первую приварку пластин проводить при шаге гусеницы 175 мм. При шаге 179,5 мм заменяют пальцы. Вторую приварку пластин проводят при шаге 182 мм. После этого гусеницу эксплуатируют до предельного увеличения шага (192 мм).

Применение прогрессивной технологии восстановления деталей связано с организацией производства на базе поточно-механизированных линий. Такие линии разработаны для восстановления звеньев гусениц, опорных катков и ведущих колес (табл. 80).

**80. Технические характеристики поточно-механизированных линий для восстановления звеньев, катков и ведущих колес**

Характеристика линий	Звенья гусениц		Опорные катки		Ведущие колеса с вос- становлением обрезкой изношенных поверхностей и приводкой вкладышей
	Заливка жидким металлом	Пласти- ческое деформи- рование	Электро- шлаковая наплавка	Заливка жидким металлом	
Обслуживающий персонал, чел.	8	16	15	17	5
Производственная площадь, м <sup>2</sup>	288	300	450	500	360
Максимальная мощность, потреб- ляемая электро- оборудованием, кВт	190	450	530	650	—
Производитель- ность звеньев кат- ков или ведущих колес за смену	200	100	200	200	24

**Холодная вулканизация** заключается в использовании для восстановления самовулканизирующихся материалов, поверхность которых покрыта адгезивным составом. Из такого материала изготавливают резиновые пластыри, используемые для

ремонта поврежденных поверхности и мест крепления пятки вентиля камер (табл. 81), а также резиновые грибки, применяемые для ремонта покрышек при их проколах и повреждениях размером 10...20 мм (табл. 82). Эти материалы входят в комплект аптечек типа АРК и АРШ, используемых при выполнении эксплуатационного и частично профилактического ремонта шин тракторов в полевых и стационарных условиях. Самовулканизирующиеся шиноремонтные материалы готовы к применению без предварительной подготовки (сразу же после снятия защитной пленки с адгезивного покрытия).

Резиновыми грибками типа Г заделывают проколы размером до 10 мм. Для этого ножку грибка соответствующего размера закрепляют с помощью кордной нити в проволочной петле или в петле специального приспособления, вставленного в прокол с внешней стороны покрышки. Зачищенный напильником участок вокруг прокола дважды промазывают с внутрен-

### 81. Резиновые самовулканизирующиеся властыри

Тип властырей	Размер основания, мм	Толщина, мм	
		по центру	по краю
Сплошные:			
П-1	Ø25	1,5	0,5
П-2	Ø35	1,5	0,5
П-3	Ø68	2,5	0,5
П-4	Ø88	2,5	0,5
П-5	Ø120	2,5	0,5
П-6	32 × 70	1,5	0,5
П-7	40 × 100	2,5	0,5
П-8	70 × 180	2,5	0,5
С отверстием (диаметр 9 мм) по центру	Ø70	1,5	1,5

### 82. Резиновые самовулканизирующиеся грибки

Тип грибков	Диаметр, мм		Длина ножки, мм
	шляпки	ножки	
С рифленной ножкой и адгезионным покрытием внутренней стороны шляпки:			
Г-1	38	7	55
Г-2	50	9	55
Г-3	60	11	55
Г-4	70	13	60
Г-5	80	15	60
С адгезионным покрытием внутренней стороны шляпки и гладкой ножки:			
ГШ-1	160	20	170
ГШ-2	200	25	170
ГШ-3	240	30	170



ней стороны самовулканизирующимся клеем (4%-ная концентрация). После каждой промазки клеем сушат в течение 2...3 мин. Затем ножку грибка, смоченную клеем, протаскивают в отверстие прокола покрышки. Шляпку грибка прокатывают роликом от ее центра к краям, а выступающий конец ножки срезают.

Повреждения покрышек размером 10...25 мм заделывают резиновыми грибками типа ГШ. Порядок проведения и состав операции по вставке этих грибков аналогичен предыдущим, но требует для вставки ножки грибка применения специальной гильзы с конусом и расширителем, размеры которых подбирают в соответствии с размером ремонтируемого повреждения.

**Горячая вулканизация** — одна из основных операций ремонта шин — заключается в нагреве восстанавливаемого изделия при температуре теплоносителя 140°C и выше с одновременной опрессовкой под давлением 1...3 МПа. Для горячей вулканизации изготавливают невулканизированные резиновые смеси, резиноканевые материалы и клей.

Для большинства шиноремонтных предприятий протекторные смеси выпускаются в виде профилированных лент различных размеров и форм профиля (табл. 83) для восстановления беговой дорожки (тип А) или протектора полного профиля (тип Б). Предприятиям, имеющим свое профилирующее оборудование или использующим способ наложения протектора на-

**83. Геометрические размеры профилированных протекторов трапецидального сечения**

Шины, мм (дюймы)	Тип профиля	Толщина протектора, мм	Ширина верхнего основания, мм	Ширина нижнего основания, мм	Длина, мм	Толщина кромки (не более), мм
150-406(5,5-16)	А	6	130	180	2050	2
	Б	8	130	180	2050	2
170-406(6,0-16)	А	6	135	200	2160	2
	Б	8	135	200	2160	2
180-406(6,5-16)	А	10	147	230	2090	2
	Б	13	147	230	2090	2
240-1067(9,5/9-42)	А	115	220	320	4560	3
	Б	160	220	320	4560	3
300-965(12,4/11-38)	А	125	290	430	4555	3
	Б	180	290	430	4555	3
330-965(13,6/12-38)	А	125	320	400	4720	3
	Б	180	320	400	4720	3
465-610(18,4/15-25)	А	140	420	580	4100	3
	Б	150	420	580	4100	3
600-660(23,1/18-26)	А	160	510	660	4800	3
	Б	220	510	660	4800	3

ливкой широких или узких лент, поставляют вальцованные протекторные смеси в виде пластин толщиной 0,09...0,15 м. Листовые протекторные смеси толщиной 0,02 м выпускают для ремонта поврежденных участков протектора и боковин. Листовые прослоечные смеси толщиной 0,009 м выпускают для обкладки поверхности протектора, пластырей, поврежденных участков каркаса и брекера при их ремонте.

Для предприятий, имеющих свое листовальное оборудование, производящих наложение протектора с предварительной дублировкой прослоечной смесью и ремонт повреждений каркаса литьем под давлением, прослоечные смеси выпускают в виде вальцованных пластин толщиной 0,12 мм. Для ремонта камер производится листовая камерная смесь толщиной 0,02 м.

Листовую или вальцованную теплостойкую смесь, выпускаемую толщиной 0,02 м, используют для изготовления кольцевых и секторных варочных камер, а также диафрагм.

Резинотканевые материалы выпускают следующих видов:

- обрезиненный корд из искусственного или синтетического волокна для изготовления секторных варочных камер и ремонта поврежденных участков каркаса;
- прорезиненный чефер для ремонта повреждений бортов покрышек и изготовления секторных варочных камер;
- резинокордные вулканизированные и невулканизированные пластыри для ремонта поврежденных участков каркаса.

При ремонте шин с использованием горячей вулканизации применяемый для этой цели материал должен быть соответствующим образом подготовлен. Основные операции подготовки материалов: промазка и просушка резиновых смесей и резиноканевых материалов, шероховка (зачистка), промазка и просушка профилированных протекторных лент, приготовление клея и изготовление пластырей, а также приготовление противопригарных смазок.

Листовые резиновые смеси, обрезиненный корд и прорезиненный чефер освобождают от прокладочного материала и раскраивают на полосы нужного размера. Полосы протекторной резиновой смеси и прорезиненного чефера с обеих сторон промазывают клеем концентрации 1:(10...12) и сушат при комнатной температуре с отсосом паров бензина в течение 40 мин (не менее). В сушильных камерах этот процесс ведут при температуре 40...50 °С и относительной влажности 20...40 % в течение 8...10 мин. Полосы листовой прослоечной резины и обрезиненного корда клеем не промазывают, а только освежают бензином с обеих сторон и просушивают до полного его испарения.

Подготовку профилированных протекторных лент начинают с освобождения от прокладочного материала. Заготовки протектора обмеряют, а затем шероховат со стороны нижнего основания профиля вручную или на специальных станках.

Затем поверхность ленты промазывают клеем концентрации 1:(10...14) и сушат в течение 20...30 мин на специальных плитах с температурой поверхности 40...60 °С до полного просыхания клеевой пленки и соответствующего подогрева заготовок протектора.

Клей приготавливают в металлических емкостях с плотно закрывающимися крышками. Клеевую резину, нарезанную кусочками размером не более 30 × 30 мм, подогревают до 30...34 °С, загружают в емкость и заливают бензином до полного погружения. Каждые 2 ч содержимое емкости перемешивают, добавляя небольшие порции бензина. Через сутки в емкость доливают бензин, продолжая перемешивать содержимое до образования однородной массы клея. Для получения клея концентрации 1:10 на 1 кг клеевой резины требуется 10 кг бензина.

Резинокордные невулканизированные пластыри изготавливают, накладывая один на другой несколько различных по размеру слоев обрезиненного корда. Для ремонта поврежденных покрышек диагонального построения используют прямоугольные крестообразные пластыри с пересечением нитей корда соседних слоев под прямым углом. При ремонте покрышек типа Р применяют прямоугольные или квадратные пластыри с параллельным расположением нитей корда в соседних слоях. Пластыри изготавливают раскраиванием обрезиненного корда на полосы требуемого размера, которые освежают бензином и накладывают одну на другую до набора требуемого числа слоев. Каждый накладываемый слой пластыря следует прикатывать роликом от центра к краям, удаляя воздух, оказавшийся между слоями. Ступенчатую поверхность пластырей промазывают клеем концентрации 1:(10...12) и просушивают. Затем на ступенчатую часть накладывают прослочную резину таким образом, чтобы она по всему периметру пластыря выступала по краям на 5...10 мм, и прокатывают роликом.

В состав противопригарных смазок входит силиконовая 60%-ная эмульсия ОЕЕ-6004 (1,8...2,5%), а остальное — вода. Приготавливают этот состав следующим образом. Сначала заливают в емкость половину требуемого количества воды, затем заливают силиконовую эмульсию, после чего добавляют оставшуюся воду и полученную массу тщательно перемешивают.

Для промазки наружной поверхности покрышек применяют сажевую смазку, состоящую из ламповой сажи (4,5%), талька (20,1%) и бензина (75,4%).

Перед вулканизацией шин внутренние повреждения размером от 25 мм и более заделывают, используя борторасширительные станки или (при их отсутствии) сменные болванки специализированных верстаков. Повреждения каркаса, затрагивающие менее 25% его слоев, обычно ремонтируют без усиления резинокордным пластырем. Полость конусной

формы, образовавшуюся после вырезки поврежденного участка, сначала обкладывают прослоечной резиной (толщиной 0,9 мм) и плотно прикатывают к поверхности полости. Затем начинают заполнять эту полость слоями прослоечной резины толщиной 2 мм, последовательно прикатывая каждый слой роликом и прокалывая шилом места скопления пузырьков воздуха.

Наружные повреждения покрышек начинают заделывать в первую очередь со сквозных и больших по размеру несквозных повреждений. Такие повреждения, если они затрагивают более 25% слоев каркаса, заделывают методом литья резиновой смеси под давлением на специальных установках либо вручную. После обкладывания стенок полости вырезанного участка покрышки прослоечной резиной толщиной 0,9 мм и прикатывания ее полости повреждения в зоне каркаса заполняют слоями холодной или нагретой до пластического состояния прослоечной резины толщиной 2 мм, а в зоне протектора — слоями протекторной резины такой же толщины. Каждый накладываемый слой резины прикатывают игольчатым роликом, не допуская образования пузырьков воздуха. Чтобы обеспечить нормальную опрессовку при последующей вулканизации, поверхность участка покрышки в месте заделки наружного повреждения должна быть на 2...3 мм выше уровня поверхности протектора или боковины. Несквозные наружные повреждения покрышек на глубине менее 25% слоев каркаса заделывают так же, как и аналогичные внутренние повреждения.

Местные повреждения покрышек вулканизируют по установленным типовым режимам (табл. 84) на электрических (типа ВСЭ) или паровых (типа ШМУ) секторных вулканизаторах (мульдах). В покрышки, подготовленные к вулканизации местных повреждений, с помощью борторасширителей (спредеров) вставляют секторные варочные камеры (мешки), изготовленные из прочной листовой теплостойкой резины. Перед вставкой варочных мешков участки повреждений с внутренней стороны покрышек промазывают противопопригарной смазкой или припудривают тальком. Наружные поверхности покрышек смазывают противопопригарной сажевой смазкой.

Покрышки в зависимости от вида и места расположения повреждений вулканизируют при одностороннем или двухстороннем нагреве. В электрических мульдах для нагревания мест расположения вулканизируемых участков используют электронагревательные элементы, которые имеются в обогревательных плитах и вставлены внутрь варочных мешков. В паровых мульдах для нагрева ремонтируемых участков используют пар или паровоздушную смесь. Оптимальная температура вулканизации протекторной резины 140 °С, прослоечной — 130 °С, камерной — 138 °С. Вулканизируемые участки покрышек опрессовывают обычно подачей в варочные мешки воды под давлением 2 МПа и нагреваемой в них до 150 °С паровоздушной смесью

**84. Продолжительность вулканизации при местном ремонте покрышек на паровых (ШМУ) и электрических (ВСЭ) мутьдах**

Характер повреждений	Продолжительность вулканизации (мин) покрышек (число слоев или размеры)									
	4-слойных		6—8-слойных		9,5-32; -9,5-42		12-38; 11-38		23,1-26; 28,1-26; 21,3-24	
	ШМУ	ВСЭ	ШМУ	ВСЭ	ШМУ	ВСЭ	ШМУ	ВСЭ	ШМУ	ВСЭ
Наружные повреждения по боковине до двух и четырех слоев корда каркаса у покрышек с нормой слойности соответственно 12 и 14...18	40	30	60	40	50	35	60	40	100	60
Наружные повреждения протектора до двух и четырех слоев корда каркаса у покрышек с нормой слойности соответственно 12 и 14...18	60	40	80	50	80	50	120	55	140	75
Внутренние, сквозные и несквозные наружные повреждения более двух и четырех слоев корда каркаса у покрышек с нормой слойности соответственно 12 и 14...18	70	46,7	110	63,4	100	60	115	70	200	110

(при двустороннем подводе теплоты) или подачей воздуха под давлением 0,5...0,6 МПа (при одностороннем подводе теплоты). В конце цикла вулканизации, чтобы охладить покрышки и мульды, а также ускорить падение давления в варочных мешках до атмосферного, к нагревательным плитам и в варочные мешки подают холодную воду.

Перед вулканизацией в покрышки вставляют кольцевые варочные камеры, а наружную поверхность промазывают противопригарной смазкой. Затем покрышки помещают в кольцевые вулканизаторы, внутренние поверхности которых предварительно обдувают сжатым воздухом и смазывают противопригарной силиконовой смазкой. Заданный режим обогрева и опрессовки создают, подавая в варочные камеры пар, воздух или воду. Когда необходим обогрев по всему профилю шины, для вулканизации применяют пресс-формы с повсеместным обогревом. Если в восстанавливаемой покрышке местных повреждений нет, то ее нагревают только со стороны пресс-формы, заполняя варочную камеру сжатым воздухом и водой. При этом способе продолжительность вулканизации на 20...30% больше, чем при двухстороннем нагреве.

## **6.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕМОНТА**

Ходовые системы тракторов ремонтируют, используя оборудования для мойки, очистки, наплавки и заливки металла, а также для пластического деформирования проушин звеньев и восстановления шин.

При мойке и очистке ходовых систем тракторов используют струйные установки высокого давления ОМ-5361, ОМ-5362 — для холодной и ОМ-5359 — для горячей мойки, а также эффективные пароводоструйные очистители ОМ-3360А и ОМ-5285.

Для мойки и очистки гусениц тракторов тягового класса 3 можно использовать машину ОМ-7743. Вместимость ее ванны — 2,2 м<sup>3</sup>. Моющий раствор, полученный добавлением в ванну 50 кг кальцинированной соды, нагревают до 50 °С змеевиком, подключенным к системе пароснабжения, или горячей водой.

Для мойки покрышек размером от 5,00-16 до 12-38 ГОСНИТИ разработана стационарная однокамерная машина ОШ-1140 с электроприводом.

При наплавке металла на изношенные поверхности деталей ходовых систем гусеничных тракторов применяют как ручной полуавтоматический, так и автоматический способ.

При ручной (полуавтоматической) наплавке и сварке для питания электроэнергией используют трансформаторы, выпрямители и преобразователи (табл. 85). Для наплавки электродной проволокой в различных защитных средах применяют сварочные полуавтоматы (табл. 86), а также автоматы различных типов (табл. 87). Кроме того, разработаны специальные уста-

## 85. Параметры оборудования для снабжения электроэнергией при дуговой сварке и наплавке

Оборудование	Номинальный сварочный ток при ПВ-60 %, А	Предел регулирования тока, А	Напряжение дуги, В	Напряжение холостого хода, В	Первичное напряжение, В	Мощность, кВт·А	Габариты, мм	Масса, кг
Трансформатор:								
ТСД-1000-3	1000	400...1200	42	65/78	220/380	76	950 × 818 × 1215	540
ТСД-200-2	2000	800...2200	53	72/84	380	180	1053 × 900 × 1300	670
ТДФ-1001	1000*	400...1200	44	68...71	220/380	82	1200 × 830 × 1200	720
ТДФ-1601	1600*	600...1800	44	95...105	380	182	1200 × 830 × 1200	1000
ТДФ-2001	2000*	800...2200	50	74...75	380	170	1200 × 830 × 1200	980
Выпрямитель:								
ВС-300	300	30...300	—	20...40	380	17	560 × 720 × 965	250
ВСШ-303	315	50...315	—	18...50	220/380	20	710 × 550 × 955	275
ВДГ-302	315	50...315	16...38	30...55	220/380	19	1045 × 748 × 959	275
ВС-600	600	60...600	—	20...40	380	35	100 × 805 × 1510	490
ВДГ-601	630	100...700	18...66	66	220/380	67	1234 × 868 × 1081	525
ВДУ-504	500	70...500	18...50	72...78	220/380	40	1275 × 816 × 940	380
ВДУ-1001	1000*	300...1000	24...66	24...66	380	105	950 × 1150 × 1850	
ВДУ-1601	1601*	500...1600	26...66	26...66	880	165	950 × 1150 × 1850	950
Преобразователь:								
МД-501	500	125...500	40	55...90	220/380	28**	1075 × 650 × 1085	545
ПСГ-500	500	60...500	40	16...40	220/380	28**	1055 × 580 × 920	500

\* Номинальный ток при продолжительности включения (ПВ) равном 100 %.

\*\* Мощность, кВт.

## 86. Технические характеристики сварочных полуавтоматов

Тип полуавтомата	Способ защиты дуги	Длина шланга, м	Источник сварочного тока	Номинальный сварочный ток при ПВ-60 %, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи электрода, м/с	Габариты подающего устройства, мм	Масса подающего устройства, кг
A547У	Защитный газ	1,5; 2,5	ВС-300	315	0,8...1,4	0,04...0,2	350 × 118 × 245	6,2
ПДГ-305	»	2,5	ВДГ-302	315	0,8...1,4	0,03...0,4	362 × 284 × 153	12,5
AB25	»	1,5; 2,5	ВС-300	315	0,8...1,4	0,03...0,2	305 × 175 × 245	11,0
ПДГИ-101	»	2	ВДГИ-301	125	1,0...1,6	0,03...0,4	362 × 284 × 153	12,5
ПДГИ-302	»	2	ВДГИ-301	315	1,2...2,0	0,02...0,4	470 × 296 × 260	13,0
A-1230M	»	1,5; 2,5	ВДГ-302	315	0,8...1,4	0,03...0,2	364 × 290 × 130	10,0
A-1114M	Без внешней защиты	1,5; 2,5	ВДГ-302	315	1,0...1,4	0,01...0,1	364 × 290 × 130	10,5
A-1197C	Защитный газ	3,0	ВДУ-504	500	1,6...2,0	0,003...0,3	960 × 660 × 560	35,0
A-1197П	»	3,0	ВДУ-504	500	1,6...2,0	0,003...0,3	550 × 360 × 200	23,0
ПДГ-502	»	3,0	ВДУ-504	500	1,6...2,0	0,03...0,4	470 × 296 × 260	13,0
ПДГ-503	»	3,0	ВДУ-504	500	1,6...2,0	0,03...0,4	470 × 296 × 260	13,0
A-76	Самозащитные порошковые проволоки	3,0	ПСГ-500	500	2,0...3,5	0,002...0,02	760 × 530 × 530	20,0
A-1530	Флюс	3,0	ВДУ-504	500	1,2...2,0	I режим: 0,06...0,08 II режим: 0,10...0,15 III режим: 0,03...0,3	550 × 300 × 230	52,0
ПДГ-507	Защитный газ	1,0	ПСГ-500	500	1,6...2,0	0,03...0,3	—	—
ПДГ-508	»	3,0	ПСГ-500	500	1,6...2,0	0,003...0,3	—	—
П1503П	»	3,0	ВДГ-601	500	1,2...2,0	0,03...0,2	550 × 360 × 200	23,0



## 87. Технические характеристики автоматов для наплавки проволокой диаметром 2...6 мм

Тип автомата	Защита зоны наплавки	Источник питания	Диаметр электродной проволоки, мм	Номинальный сварочный ток при ПВ-100 % А	Скорость наплавки, см/с	Габариты аппарата, мм	Масса, кг
АБСК	Флюс	ТДФ-1001	2...6	360...1200	0,3...3,0	760 × 710 × 1750	160
А-1401	»	ТДФ-1001	2...5	1000	0,3...3,0	1160 × 870 × 1660	325
А-1410	»	ТДФ-1601	2...6	2000	0,6...6,0	1150 × 870 × 1660	325
А-1416	»	—	2...5	1000	0,3...3,0	—	—
А-1419	»	—	2...5	2000	0,6...6,0	—	—
А-639	»	Два ТДФ-1000	2...5	2 × 1000	0,3...6,0	1375 × 550 × 1965	250
А-1412	»	Два ТДФ-1601	2...5	2 × 1600	0,6...6,0	1405 × 890 × 1980	390
А-1422	»	»	2...5	2 × 1600	0,6...6,0	1350 × 1100 × 2000	390
УДФ-1001	»	ТШС-1000	2,5...3	3 × 1000	0,4...1,5	1650 × 1620 × 2370	400
А-1373	»	ЗХСТ-2000	3...5	3 × 1800	1,2...8,0	950 × 600 × 1850	900
А-1002	Газ	—	3...5	84...7000	0,2...3,0	—	160
А-1417	»	—	2...5	47...508	0,3...3,0	—	—

## 88. Наплавочные установки и станки

Оборудование	Сменная производительность, число деталей за смену	Размеры восстанавливаемых деталей, мм		Габариты, мм	Масса, кг
		длина	диаметр		
Установка ОКС-14408	До 25	—	До 350	3250 × 1605 × 1900	1580
Станок ОКС-11200	40...50	—	До 350	1775 × 1505 × 2360	1430
Установка ОКС-9105	15...20	—	До 600	1616 × 920 × 500	500
Станок ОКС-11237 ГОСНИТИ	13...20	—	До 800	1050 × 1320 × 2850	1230
Станок ОКС-11236 ГОСНИТИ	25...30	270...790	—	2230 × 930 × 1860	600
Станок ОКС-11238 ГОСНИТИ	40	350...400	—	2230 × 1250 × 2360	710
Установка ОКС-7755 ГОСНИТИ	25...30	—	До 400	1250 × 1000 × 1850	630
Станок У-654	—	—	До 800	2720 × 1220 × 2850	1800

новки и станки для электрошлаковой наплавки опорных катков — ОКС-7755, широкослойной наплавки колеблющимся электродом — ОКС-14408 и ОКС-1238; наплавки беговых дорожек: опорных роликов — ОКС-11200, натяжных и направляющих колес — ОКС-11236; наплавки порошковой проволокой направляющих колес — ОКС-9105, а также универсальные станки типа У-654 для наплавки под слоем флюса и порошковой проволокой роликов, катков и колес (табл. 88).

При заливке металла в кокиль опорный каток, поднятый пневмоцилиндром, нагревают ТВЧ от индуктора и перемещают кареткой по направляющим в следующую позицию, где из ковша в кокиль заливают металл. Затем кокиль с помощью штурвала опрокидывают. Остывший каток пневмоцилиндром выпрессовывают.

При восстановлении опорных катков на поточно-механизированной линии, разработанной Институтом проблем литья АН УССР, используют роторную установку для подготовки катков к заливке, на которой зачищают беговые дорожки и наносят лаковое покрытие. Заливают металл в литейные формы на шестипозиционной установке УНК-6МЗ.

Установка поочередной заливки поддерживающих роликов состоит из рамы, кокиля, индуктора, кантователя, приводного устройства и пневмоцилиндра. Ролик, нагретый ТВЧ в индукторе, с помощью захвата кантователя перемещают в кокиль. Рабочую поверхность последнего и совмещенную литниковую систему футеруют для уменьшения теплоотдачи в сторону кокиля. Расплавленный металл заливают в промежуток между изношенной деталью и стенкой кокиля через литниковую систему. После выдержки в течение 1...1,5 мин ролик извлекают для нагрева и заливки противоположной стороны или помещают в накопитель после заливки обеих сторон.

Ведущие колеса заливают с помощью установки, состоящей из рамы, кокиля и кольцевой дождевой литниковой системы. Отверстия в этой системе расположены над полостями, обрабатываемыми стенкой кокиля и боковой поверхностью зубьев колеса. Операцию можно проводить через две секторные литниковые системы, расположив их через 180°, двумя ковшами одновременно.

Изношенные проушины звеньев заливают на 6-позиционной установке с поворотным столом, зачистив торцы проушин и установив технологический палец. Для этой операции используют тигли, в которых плавят металл нагревом ТВЧ от установки ЛЗ-107В мощностью 100 кВт. По другой технологии заливку проводят ковшом, а жидкий металл приготавливают в высокочастотной плавильной печи ИСТ-0,06.

При пластическом деформировании проушин звеньев на поточных линиях используют специальные штампы и прессы большой мощности. По технологии СИМСХ звено после нагрева восстанавливают в закрытом секционном штампе с авто-

матически регулируемым рабочим объемом каждой секции (в зависимости от износа отдельных проушин). Эта регулировка достигается применением индивидуальных гидроприводов — пуансонов. Штамп работает от 12-шпиндельного гидравлического агрегатного пресса с усилием на шпинделях 60 МН. Звено укладывают в матрицу, блок пуансонов, перемещаясь в вертикальной плоскости, прижимает верхнюю и нижнюю ветви проушин к сердечнику на дуге 220...230° и вытесняет металл к передней стенке проушин.

При восстановлении шин применяют комплекс оборудования, характеристики которого представлены в таблице 89.

### 89. Оборудование для восстановления шин

Оборудование	Техническая характеристика
Ручной борторасширитель 6108	Переносной, с пневмоприводом, максимальное разведение бортов — 305 мм. Требуемое давление воздуха — 0,5...0,6 МПа. Размеры обслуживаемых покрышек от 5,20-13 до 12-20. Габариты — 392 × 110 × 224 мм. Масса — 5,5 кг
Комплект ручного шероховального инструмента ОШ-1331 ГОСНИТИ Копировально-шероховальный станок ШШК-СХ	Переносной, число инструмента в комплекте — 11. Габариты футляра — 475 × 250 × 65 мм. Масса — 7,2 кг Стационарный с электроприводом. Размеры обрабатываемых покрышек: D-1033...1800 мм; d-508...1070; B-205...525 мм. Мощность электродвигателей — 11,5 кВт. Габариты — 3510 × 2835 × 4250 мм. Масса — 4900 кг
Спредер (борторасширитель) ШРС-1	Стационарный с пневматическим приводом. Максимальная ширина разведения бортов — 760 мм. Мощность электродвигателей — 2,1 кВт. Масса — 250 кг
Станок для шерохования протекторных лент 6194	Стационарный с электроприводом. Размеры обрабатываемых лент: ширины — до 500 мм, толщина — до 20 мм. Мощность электродвигателя — 2,8 кВт. Габариты (без рольгангов) — 860 × 430 × 1200 мм. Масса — 150 кг
Шероховальный станок 6179	Стационарный, с электроприводом, двухсторонний. Размеры обрабатываемых покрышек — от 4,00-16 до 12-38. Мощность электродвигателя — 2,8 кВт. Габариты 1250 × 420 × 940 мм. Масса — 193 кг
Стенд для промазывания покрышек клеем вручную СР-030	Передвижной, с поворотной крестовиной. Габариты — 1180 × 1580 × 1500 мм. Масса — 110 кг
Пульверизационная установка 1106 для клея	Стационарная с электроприводом. Вместимость бака для клея — 20 см <sup>3</sup> . Мощность электродвигателя — 0,6 кВт. Габариты — 1000 × 800 × 1150 мм. Масса — 173 кг

Оборудование	Техническая характеристика
Прокаточный станок ОШ-1241 ГОСНИТИ	Стационарный, с электроприводом. Размеры обрабатываемых покрышек от 4,00-16 до 12-38. Габариты — 1890 × 1580 × 2920 мм. Масса — 1100 кг
Электровулканизатор 0-110Г для ремонта камер Секторный вулканизатор (мульда) 423.061 с электрическим обогревателем ВСЭ-180-405	Температура плиты — 145 °С. Потребляемая мощность — 5,4 кВт. Габариты — 1000 × 500 × 1550 мм. Масса — 150 кг Размеры вулканизуемых покрышек: В-130... 100; d-330...405 мм. Мощность электронагревателей — 11,5 кВт. Давление в варочном мешке — 1,2 МПа. Габариты — 1650 × 850 × 1620 мм. Масса — 705 кг
Мульда 423.071 с электрическим обогревателем ВСЭ-250-508	Размеры вулканизуемых покрышек: В-180... 260, d-508 мм. Мощность электронагревателей — 14 кВт. Давление в варочном мешке — 2 МПа. Габариты — 1730 × 860 × 1620 мм. Масса — 1080 кг

## 6.6. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВЫХ СИСТЕМ\*

Основной параметр качества восстановленных деталей — их послеремонтный ресурс, а параметр выбраковки изношенных деталей — их остаточный ресурс.

Особое место в формировании послеремонтного ресурса восстановленных металлических деталей занимают явления возникновения термических и остаточных напряжений. Так, например, термические напряжения, возникающие в процессе «горячих» методов восстановления изношенных металлических деталей, их абсолютный уровень и характер распределения тесно связаны с образованием в восстанавливаемых деталях полей остаточных напряжений, микро- и макротрещин. Этим обусловлен частичный выход их из строя уже в процессе ремонта, а также значительное снижение послеремонтного ресурса.

Пути повышения качества восстанавливаемых металлических деталей во многом определяются методами и факторами, повышающими послеремонтный ресурс деталей, особенно в процессе их восстановления.

Существующие способы восстановления изношенных дета-

\* В написании принимал участие с. н. с. Ю. Б. Юрченко.

лей путем наплавки на них жидкого металла в литейных формах базируются на образовании прочной металлической связи между основой и расплавом, что достигается нагревом поверхностей заготовки до температуры не ниже 80% температуры ее плавления. Общие технологические стадии для этих способов:

предварительный подогрев наплавляемых поверхностей заготовки;

заливка жидкого металла в литейную форму;

кристаллизация жидкого металла и последующее охлаждение восстановленной детали.

При этом их существенные недостатки:

невозможность либо экономическая нецелесообразность использования для массивных и геометрически сложных деталей, так как в процессе изготовления или восстановления они прогреваются неравномерно, что приводит к трещинообразованию и дефектам наплавленного слоя и основы;

невозможность устранения вредного влияния термонапряжений, возникающих в период усадки наплавленного металла и последующего его охлаждения, на механические свойства не только массивных и сложных, но и простых деталей.

Возникающие термические напряжения в деталях, восстанавливаемых заливкой жидкого металла, на первой технологической стадии могут быть уменьшены при медленном объемном предварительном прогреве всей заготовки в специальных термостатах, что, как правило, экономически невыгодно.

При заливке жидкого металла в литейную форму слои предварительно нагретой заготовки только по ее поверхности продолжают разогреваться и стремятся расшириться (при относительно холодных глубинных и периферийных слоях, препятствующих этому расширению), что еще больше увеличивает термонапряжения и опасность трещинообразования в наплавляемых слоях заготовки. Далее, в период усадки и охлаждения наплавленного слоя, происходит механическое обжатие этим слоем все еще расширяющейся заготовки и возникают усилия, разрывающие этот слой. Поэтому на второй и третьей технологических стадиях процесса восстановления изношенных деталей наплавкой в литейной форме целенаправленно изменить характер возникающих термических напряжений крайне трудно.

Этих недостатков можно избежать, применяя более оригинальные способы и приемы наплавки изношенных металлических деталей. Один из примеров — способ и устройство наплавки, разработанные в Одесском научно-исследовательском институте специальных способов литья.

Этим способом наплавки деталей жидким металлом повышают качество наплавленной детали, устраняя в ней трещины и трещиноватости, снижая и благоприятно перераспределяя остаточные напряжения.

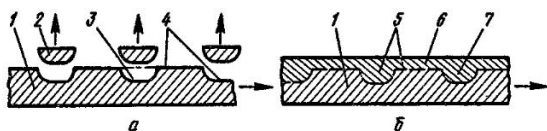


Рис. 82. Схема наплавки плоских деталей:  
*а* — удаление частей заготовки в зонах максимальной концентрации напряжений; *б* — наплавка жидким металлом.

В зонах возникновения максимальных термических напряжений предварительно удаляют часть заготовки, обеспечивая тем самым большую свободу термического расширения заготовки и снижение термических напряжений в ней, а при заливке литейной формы с установленной в ней заготовкой образованный таким образом дополнительный объем заполняют жидким металлом и тем самым удаленная часть заготовки восстанавливается совместно с наплавленным слоем. При этом удаляют такую часть заготовки, чтобы ее объем вместе с примыкающей к ней частью наплавленного металла образовал тепловой узел, в котором завершилось бы затвердевание всего жидкого металла, составляющего тело восстанавливаемой детали. Таким образом, в искусственно создаваемых тепловых узлах восстанавливаемой детали образуют подвижные, жидкометаллические объемы — демпферы, которые разгружают поле напряжений в детали. Уменьшают и перераспределяют термические напряжения по этому способу на всех температурных стадиях восстановления изношенных деталей: при предварительном прогреве заготовки, последующем ее нагреве во время заливки расплава, а также при кристаллизации наплавленного слоя и частично при охлаждении готовой детали.

На рисунке 82 схематично показаны операции удаления частей плоской заготовки и подачи к ней жидкого металла. В плоской заготовке 1 удаляют части 2, в результате чего в ней образуются полости 3. Затем заготовку нагревают по поверхности 4 и на нее подают слой жидкого металла 5, который в частях 6 затвердевает раньше, чем в частях 7. На рисунке 83 — те же операции для заготовок типа диска или кольца,

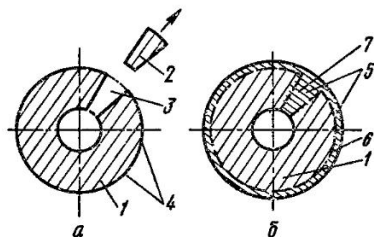


Рис. 83. Схема наплавки деталей цилиндрической формы:  
*а* — разединение замкнутого контура детали; *б* — наплавка жидким металлом.

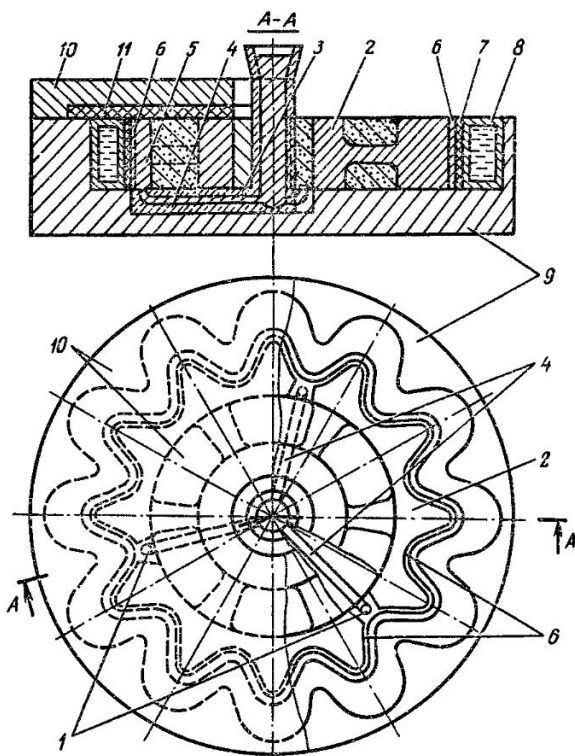
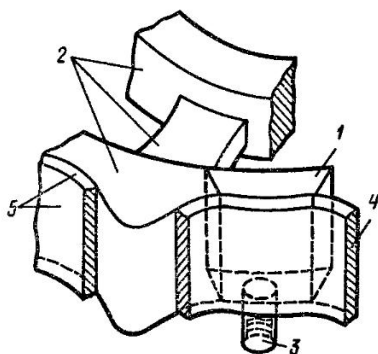


Рис. 84. Схема наплавки и литейная форма для восстановления изношенных ведущих колес гусеничных тракторов.

Рис. 85. Схема теплового узла (жидкометаллического объема — демпфера напряжений) при наплавке жидким металлом ведущих колес гусеничных тракторов.



а на рисунке 84 — литейная форма для восстановления наплавкой жидким металлом изношенных ведущих колес гусеничных тракторов.

При наплавке колеса трактора уровень возникающих в восстанавливаемом колесе напряжений уменьшают тем, что в каждой заготовке, подлежащей наплавке, предварительно удаляют части 1 обода 2 между соседними спицами. Затем при заливке в литниковую систему 3 жидкий металл по питателям 4 поступает через полости заготовки 5 в полость 6, образованную термозащитной облицовкой 7 медного индуктора 8, установленного в опоку 9, а также верхней опокой 10 с утеплителем 11. В результате наплавки полностью восстанавливают геометрию детали колеса.

На рисунке 85 дана схема подвода жидкого металла к полости заготовки, образованной в результате удаления ее части. При подводе жидкого металла через полость заготовки, образованную в результате удаления ее части, в объем 1 заготовки 2 вместе с частью литниковой системы 3 и частью направляемого слоя 4 образуется тепловой узел по отношению к наплавляемому на заготовку слою 5. При этом суммарный объем выбирается такой, чтобы процесс затвердевания жидкого металла завершился в тепловом узле 3-1-4 по отношению к наплавляемому на колесо слою 5.

Применение описанного способа наплавки при восстановлении изношенных деталей обеспечивает в них снижение уровня и благоприятное перераспределение термических напряжений, что исключает возможность образования в них различного рода трещин как при восстановлении этих деталей, так и в процессе их эксплуатации. Упрощается и становится более надежным подвод жидкого металла при наплавке.



# 7. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

## 7.1. ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

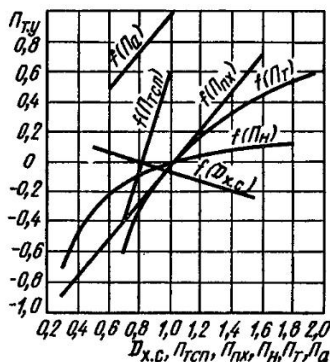
Технический уровень ходовой системы трактора оценивается следующими показателями: надежностью, материалоемкостью, тягово-сцепными качествами и проходимостью, плавностью хода, технологичностью, степенью воздействия на почву (агротехнический показатель). На рисунке 86 показано влияние этих показателей на общий уровень, пропорциональный экономической эффективности. Наиболее эффективный рост технического уровня дают повышение тягово-сцепных качеств и проходимости, снижение воздействия на почву, улучшение плавности хода. Технический уровень ходовых систем тракторов проиллюстрирован цифрами, приведенными в таблице 90.

Анализ технического уровня ходовых систем тракторов показывает, что имеется определенное отставание от современных требований по уплотняющему воздействию на почву гусеничных и особенно колесных тракторов тяговых классов 1,4 и более, проходимости в условиях повышенной влажности почвы колесных тракторов, надежности гусеничных движителей.

Основные направления повышения технического уровня ходовых систем сельскохозяйственных тракторов: применение шин типа Р увеличенных размеров, создание систем поддрессирования колесных тракторов с нелинейными упругими элементами и амортизаторами; внедрение гусениц с литыми звеньями

Рис. 86. Влияние частных показателей технического уровня ходовой системы на общий показатель:

$\Pi_{т.у}$  — общий показатель технического уровня;  $D_{х.с}$  — материалоемкость ходовой и несущей систем;  $\Pi_{т.с.п.}$  — показатель тягово-сцепных качеств и проходимости;  $\Pi_{п.х}$  — показатель плавности хода;  $\Pi_{н}$  — показатель надежности ходовой системы;  $\Pi_{г}$  — показатель технологичности;  $\Pi_{а}$  — агротехнический показатель.



## 90. Показатели технического уровня ходовых систем

Тракторы	Ходовые системы	Удельная металлоемкость	Максимальный КПД	Максимальное удельное давление, кПа	Дорожный просвет, мм	Допустимая скорость, км/ч	90 %-ный ресурс основных составных частей, моточасы	Наработка на отказ, моточасы
Универсально-пропашные	Колесные: 4К2	0,50	0,60	$\frac{100...250}{\text{Менее } 200}$	650	28,8	$\frac{6000}{8000}$	$\frac{500}{1000}$
	4К4	0,60	0,70	$\frac{100...180}{\text{Менее } 150}$	650	36	$\frac{5000}{8000}$	$\frac{500}{1000}$
	3К2	0,40	0,60	$\frac{100...300}{\text{Менее } 200}$	800	21,6	$\frac{5000}{8000}$	$\frac{500}{1000}$
	Гусеничные: полужесткая	0,65	0,80	180	450	14,4	3000	200
	упругая	0,70	0,80	$\frac{150}{140}$	450	18	$\frac{3000}{4000}$	$\frac{250}{500}$
	Общего назначения	Колесные: 4К4	0,60	0,80	$\frac{200}{100}$	Более 400	43,2	$\frac{4500}{8000}$
8К8		0,70	0,80	$\frac{-}{100}$	Более 500	36	$\frac{-}{8000}$	$\frac{-}{1000}$
Гусеничные: упругая балансирующая с металлическими гусеницами		0,80	0,75	160...180	Более 300	18	$\frac{4000}{5000}$	$\frac{400}{500}$
упругая рычажно-балансирующая с РМШ		0,70	0,80	$\frac{-}{100...110}$	Более 300	21,6	$\frac{-}{6000}$	$\frac{-}{600}$
полужесткая с металлическими гусеницами		0,70	0,80	$\frac{150}{130}$	330	10,8	4000	400
Мелиоративные, лесохозяйственные, трелевочные		Гусеничные: полужесткая, рычажно-балансирующая	0,70	0,75	200	500	10,8	3500
	упругая рычажно-балансирующая	0,75	0,75	180...200	500	18	$\frac{3500}{4000}$	$\frac{350}{400}$

Примечание. В числителе — цифра за 1985 г., в знаменателе — за 1990 г.



и биметаллическими пальцами, а также гусениц с резинометаллическими шарнирами для энергонасыщенных тракторов; создание ходовых систем с увеличенным числом опорных катков и торсионной подвеской для гусеничных тракторов; разработка и применение пневмогусеничного хода.

## 7.2. ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ТРАКТОРОВ

Максимальная сила тяги трактора  $P_{\phi}$  зависит от его сцепного веса  $G_{\text{сц}}$  и коэффициента сцепления  $\phi$  в соответствии с формулой  $P_{\phi} = \phi G_{\text{сц}}$ .

Поэтому все способы повышения тяговых качеств ходовых систем делят на две группы, из которых с помощью первых увеличивают сцепной вес трактора, а с помощью вторых — сцепление движителя с почвой или дорогой (табл. 91). Следует учитывать также, что коэффициент сцепления  $\phi$  зависит от типа пути и вида движителя (табл. 92).

### 91. Применяемые способы повышения тягово-сцепных свойств тракторов в зависимости от вида движителя

Способы повышения тягово-сцепных свойств тракторов	Вид движителя	
	колесный	гусеничный
Увеличение сцепного веса трактора:		
балластирование	+	+
применение догрузателя ведущих колес	+	
Увеличение сцепления движителя с почвой:		
рациональный подбор типа шин и давления в них	+	
использование дополнительных устройств на движителе	+	+
сдвигание колес	+	
применение блокировки ведущих колес	+	
использование двух ведущих мостов	+	

### 92. Значение коэффициента сцепления

Условия движения	Значение $\phi$ для движителей	
	колесных	гусеничных
Плотная залежь	0,7...0,9	1,0...1,2
Стерня	0,6...0,8	0,8...1,0
Вспаханное поле	0,5...0,7	0,6...0,8
Поле, подготовленное под посев	0,4...0,6	0,6...0,7
Укатанная снежная дорога	0,3...0,4	0,5...0,7
Сухая грунтовая дорога	0,6...0,8	0,9...1,1
Дорога с асфальтобетонным или цементно-бетонным покрытием	0,8...0,9	—

**Увеличение сцепного веса** трактора достигается балластированием. Для этого используют чугунные грузы, навешиваемые на ведущие колеса, и балластную жидкость (раствор: 25 частей хлоридного кальция  $\text{CaCl}_2$  и 75 частей воды; температура замерзания — минус  $30^\circ\text{C}$ ). Ее заливают в камеры ведущих колес в такой последовательности:

- поднять колесо домкратом до отрыва от грунта;
- повернуть колесо так, чтобы ventиль был в крайнем верхнем положении;
- снять с ventиля металлическую втулку вместе с золотником и колпачком;
- выпустить воздух из камеры, а затем соединить с корпусом ventиля шланг резервуара с жидкостью, который следует поднять над колесом не менее чем на 1500 мм;
- периодически открывая доступ жидкости и отсоединяя шланг для выхода воздуха, наполнить камеру до появления жидкости из отверстий ventиля;
- отсоединить шланг от ventиля и резервуара;
- поставить в корпус ventиля металлическую втулку вместе с золотником и колпачком;
- снять с ventиля колпачок и накачать шины воздухом до требуемого давления. Замерять давление воздуха можно в крайнем верхнем положении ventиля, в противном случае при замере давления жидкость попадает в манометр и может вывести его из строя;
- надеть на ventиль колпачок и опустить колесо.

Заполнить камеру жидкостью можно также с помощью ручного механического насоса. Для удаления жидкости из камер необходимо поднять колесо домкратом до отрыва от грунта, расположить колесо ventилем в крайнее нижнее положение, вынуть металлическую втулку с золотником и слить жидкость. Для удаления оставшейся после этого жидкости под колесо следует положить бревно. Необходимо помнить, что камера имеет воздушный ventиль и поэтому удалить полностью жидкость не удастся. Балластирование камер жидкостью предусмотрено на тракторах К-701, Т-150К, ЮМЗ-6Л, ЮМЗ-6М, Т-40М с модификациями и Т-25А с модификациями. Балластные грузы для повышения проходимости гусеничных тракторов по снегу устанавливаются на зимний период перед радиатором трактора.

Балластировка трактора имеет свои отрицательные стороны. При переходе с больших тяговых усилий на малые и с низких на высокие скорости движения балласт способствует увеличению потерь на качение и снижение КПД трактора. С увеличением сцепного веса трактора шина становится более жесткой, глубина следа и уплотнение почвы повышаются.

Более совершенным способом увеличения сцепного веса трактора следует считать применение догрузателей ведущих колес (ДВК). Различают ДВК механического и гидравлических

типа. Принцип действия их один и тот же и основан на перенесении части веса агрегируемой машины на ведущие колеса трактора.

Механический ДВК (тракторы ЮМЗ-6Л, ЮМЗ-6М, Т-40М и Т-40АМ) помещен на навесном устройстве. Он представляет собой неподвижно прикрепленную к трактору серьгу, в которой сделано несколько отверстий для крепления переднего конца верхней тяги. Перераспределение нагрузок на ведущие колеса зависит от наклона верхней тяги. Для догрузки ведущих колес следует передний конец тяги присоединить к одному из нижних отверстий серьги. Чем больше угол наклона верхней тяги, тем больше будет догружающая составляющая на ведущие колеса.

На тракторах МТЗ-80, МТЗ-100 и их модификациях установлен догрузатель гидравлического типа, так называемый гидроувеличитель сцепного веса (ГСВ) и работающий с ним гидроаккумулятор. Оба агрегата включены в гидросистему трактора. Принцип действия ГСВ состоит в том, что при работе гидросистемы в подъемной полости силового цилиндра создается давление подпора рабочей жидкости, которого недостаточно для подъема навесной машины в транспортное положение, поэтому копирование рельефа опорными колесами сохраняется. За счет давления подпора в цилиндре с машины как бы снимается часть ее собственного веса, который передается через навесное устройство на остов трактора и, следовательно, на задние ведущие колеса. Таким образом происходит увеличение сцепного веса трактора.

Увеличение сцепления движителя с почвой рациональным подбором типа шин связано с тем, что универсально-пропашные тракторы, как правило, комплектуют набором шин ведущих колес. Это объясняется различными условиями работы и необходимостью вписываться в междурядья пропашных культур. Так, тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82 для работы в узких междурядьях оборудуют шинами 9-42, тогда как для работы в широких междурядьях к ним поставляют шины 12R38 и 15,5R38. Давление воздуха в шинах влияет на опорное пятно контакта колеса трактора и тем самым определяет его тягово-сцепные качества.

В качестве дополнительных устройств, устанавливаемых на движителе для увеличения сцепления с почвой, используют полугусеничный ход, уширители колеса и гусениц, специальные почвозацепы, сдвигание колес, а также блокировку ведущих колес и передний ведущий мост.

Полугусеничный ход. Для повышения проходимости и тягово-сцепных свойств тракторы тягового колеса 1,4 дополнительно комплектуют полугусеничным ходом, предназначенным для работы на влажных и рыхлых почвах, а также в зимний период. Его используют только в те периоды, когда трактор имеет повышенное буксование, оставляет глубокую ко-

лею и не развивает необходимой силы тяги на крюке. В остальное время применять полугусеничный ход не рекомендуется, так как при этом снижаются технико-экономические показатели трактора.

Полугусеничный ход — универсальное средство улучшения тяговых и агротехнических качеств колесных тракторов. На рыхлой, влажной почве с его помощью можно увеличить тяговую мощность трактора класса 1,4 примерно на 50%, а тяговое усилие — на 60%. Однако при этом возрастает сопротивление повороту трактора.

В процессе эксплуатации полугусеничного хода резиноканевые ленты вытягиваются. Допустимым пределом их вытягивания считается тот момент, когда натяжное колесо отходит от ведущего колеса на расстояние 200...250 мм. При превышении этого расстояния из гусеничных лент необходимо удалить один-два почвозацепа и соответственно укоротить ремни, заново установив соединительные проушины. При монтаже гусениц необходимо приподнять натяжное колесо так, чтобы оно соприкасалось с ведущим. Если для соединения концов звеньев гусеницы этого недостаточно, следует спустить воздух из натяжного колеса, соединить концы гусениц, а затем накачать колесо воздухом и натянуть гусеницу.

Уширительные решетчатые колеса (уширители) — сравнительно дешевое и эффективное средство для уменьшения удельного давления и улучшения тягово-цепных качеств трактора на рыхлой почве. Трактор типа «Беларусь» с уширителями на рыхлой почве влажностью 30% обладает более высокими тяговыми показателями, чем без них на почве влажностью 15%. Существенный недостаток уширителей — их повреждаемость при переезде с одного поля на другое.

Специальные металлические почвозацепы, как правило, не снижают удельного давления на почву и не уменьшают глубину следа. Поэтому на полевых работах их применяют при крайней необходимости, а в основном используют при движении по влажным грунтовым и лесным дорогам. Дополнительные зацепы бывают в виде цепей противоскольжения или накладные, выдвигаемые лопаточные, расположенные сбоку колеса, а также накидные.

Сдвигание колес для увеличения сцепления движителя с почвой, как видно из таблицы 93, дает возможность на тракторах Т-150К и К-701 повысить максимальную тяговую мощность, снизить буксование в 1,2...1,5 раза и увеличить мощность в зоне больших тяговых усилий (более номинальных) и малых скоростей. В зоне малых тяговых усилий и больших скоростей тяговая мощность на сдвоенных колесах меньше, чем на одинарных, из-за повышенного сопротивления качению.

Топливная экономичность улучшается в зоне больших тяговых усилий и ухудшается в зоне малых.

### 93. Буксование тракторов на сдвоенных и одинарных шинах

Трактор	Шины	Колеса	Буксование (%) при тяговом усилии (кН)		
			16	40	79
Т-150К	21,3-24 (модель ФД-14)	Одинарные	4,0	27	—
		Сдвоенные	3,5	15	—
К-701	28,1-26 (модель ФД-12)	Одинарные	—	7	33
		Сдвоенные	—	6	21

Увеличение силы сцепления и соответственно тягового усилия трактора при этом происходит в основном за счет добавки сцепного веса (от комплекта приставных колес, проставок, шпилек и других деталей). Об этом свидетельствует тот факт, что коэффициент использования сцепного веса (удельная сила тяги) трактора со сдвоенными и одинарными колесами при одинаковом буксовании и прочих равных условиях находится на одном уровне (табл. 94).

### 94. Использование сцепного веса трактора на одинарных и сдвоенных колесах

Условия	Колеса с шинами 21,3-24	Коэффициент использования сцепного веса трактора Т-150К при буксовании				
		4%	5%	10%	15%	20%
Бетонная дорога	Одинарные	0,59	—	—	—	—
	Сдвоенные	0,59	—	—	—	—
Стерня колосовых	Одинарные	—	0,35	0,46	0,52	0,55
	Сдвоенные	—	0,35	0,45	0,50	0,52
Поле, подготовленное под посев	Одинарные	—	0,25	0,36	0,42	0,46
	Сдвоенные	—	0,25	0,39	0,45	0,49

Применение сдвоенных колес повышает проходимость и снижает глубину следа, что позволяет начинать работы в более ранние агротехнические сроки.

Блокировку дифференциала ведущих колес применяют для увеличения сцепления колесного движителя с почвой, особенно при понижении сцепления одного из колес с почвой, когда работа дифференциала только вредит движению трактора.

Передние ведущие мосты. Для полного использования сцепного веса и повышения проходимости в трудных условиях выпускаются тракторы с передними ведущими мостами. Наибольшее распространение получили универсально-пропашные тракторы с четырьмя ведущими колесами (4К4).



В тракторах типа Т-150К номинальное тяговое усилие реализуется при работе обоих ведущих мостов. Причем масса трактора распределена так, что на передний мост приходится 60%.

При достижении номинального тягового усилия распределение массы по опорам трактора выравнивается, и оба ведущих моста работают с одинаковым сцепным весом.

На малознергоемких полевых и транспортных работах для снижения сопротивления качению бывает экономически целесообразно использовать только один ведущий мост. Поэтому в конструкции трактора Т-150К предусмотрено отключение переднего, а трактора К-700 — заднего моста. При движении по сложным обледенелым или заснеженным дорогам, а также в труднопроходимых местах, когда сцепных свойств одного моста недостаточно, включают второй мост.

В зимних условиях работы невозможно реализовать всю мощность тракторного двигателя на пониженных передачах, так как наступает ограничение силы тяги по сцеплению.

Максимальное тяговое усилие, которое может реализовать трактор, зависит от толщины и плотности снега, а также и от подстилающего фона (табл. 95), что необходимо учитывать при эксплуатации тракторов зимой (табл. 96).

#### 95. Максимальное тяговое усилие гусеничного трактора на снегу

Максимальное тяговое усилие, кН	Снежный покров		Максимальное тяговое усилие, кН	Снежный покров		
	толщина, см	плотность, кг/м <sup>3</sup>		толщина, см	плотность, кг/м <sup>3</sup>	
	<i>Целина или залежь</i>			<i>Стерневое поле</i>		
27,0	8,9	235	41,5	8,0	245	
25,0	14,7	252	32,0	17,0	260	
22,5	22,1	265	30,5	21,9	265	
17,5	26,4	270	28,5	25,8	270	
			20,0	30,5	290	

#### 96. Максимальное тяговое усилие трактора К-700 на снегу

Максимальное тяговое усилие, кН	Снежный покров		Максимальное тяговое усилие, кН	Снежный покров		
	толщина, см	плотность, кг/м <sup>3</sup>		толщина, см	плотность, кг/м <sup>3</sup>	
	<i>Поле после безотвальной обработки</i>			<i>Целина от скошенных трав</i>		
44,0	9,5	243	70,0	0	—	
31,5	18,5	262	47,0	8,0	330	
23,5	23,5	270	38,0	14,0	340	
14,5	35,2	326	22,5	21,5	337	

### 7.3. УЛУЧШЕНИЕ ПЛАВНОСТИ ХОДА

**Колесные тракторы.** Улучшение условий труда, а также снижение динамической нагруженности трактора возможны главным образом за счет улучшения плавности хода. Основным фактором, влияющий на плавность хода сельскохозяйственных колесных тракторов, — микропрофиль полей и дорог, на которых эти тракторы эксплуатируют. Особенно сильно влияние неровностей поверхности проявляется при работе трактора на повышенных скоростях.

Если скорость движения колесных тракторов на сельскохозяйственных работах составляет 3,6...16,2 км/ч, то при транспортных — 18...36 км/ч. Доля использования колесных универсально-пропашных тракторов на транспорте составляет до 60%.

Колесные тракторы конструктивно выполняют как с неподрессоренным, так и поддрессоренным передним мостом. Задние мосты тракторов в основном — неподрессоренные, остов амортизирует за счет шин. В связи с ростом энергонасыщенности и скорости движения тракторов наблюдается тенденция поддрессоривания и переднего, и заднего мостов колесных тракторов.

Для поддрессоривания применяют упругие элементы в форме витых цилиндрических пружин и полуэллиптических рессор в комбинации с резиновыми элементами, специальные гасители колебаний — гидроамортизаторы в подвесках тракторов Т-150К, Т-150КМ и К-701М. Перспективны гидравлические амортизаторы в сочетании с двумя витыми пружинами (для тракторов тяговых классов 1,4 и 2), установленные с зазором для неодновременного включения, а для тракторов классов 3, 5 и 8 — в сочетании с листовыми полуэллиптическими рессорами и резиновыми буферами (рис. 87), обеспечивающими нелинейную упругую характеристику подвески. Эти подвески обеспечивают

снижение вибронгруженности и улучшение плавности хода тракторов на 60...75%.

Решить задачу некоторого улучшения плавности хода можно снижением давления в шинах задних колес трактора МТЗ-80 со 140 до 80 кПа (уменьшается на

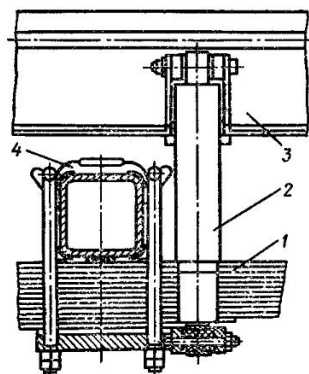


Рис. 87. Подвеска с рессорами и амортизаторами пахотного трактора Т-150КМ:

1 — полуэллиптическая листовая рессора; 2 — гидравлический амортизатор; 3 — рама трактора; 4 — мост трактора.

10% вертикальное ускорение на рабочем месте тракториста при скорости движения до 20 км/ч).

**Гусеничные тракторы.** Для них характерно применение балансирных систем поддрессоривания, в которых в качестве упругих элементов используют винтовые пружины. Исключение составляют Т-4А, оборудованные полужесткой трехточечной подвеской, а в качестве упругих элементов — листовой рессорой.

Упругие элементы балансирной подвески испытывают сложные напряжения кручения и изгиба, приводящие к неравномерной нагруженности витков пружин. Кроме того, наблюдаются значительные контактные напряжения в крайних витках из-за соприкосновения с направляющими балансиров. Открытое расположение упругих элементов приводит к их повреждению, коррозии, а также нарушению функциональных качеств.

Применяемые в тракторах полужесткие трех- и четырехточечные системы поддрессоривания ограничивают рабочие и транспортные скорости. При переезде тракторов через отдельные неровности большая часть катков и гусеницы отрываются от поверхности, что приводит к резкому увеличению давления на почву в месте контакта и, как следствие, к недопустимому ее уплотнению и эрозионному разрушению. Жесткое соединение опорных катков одного борта, наличие в существующих конструкциях всего одного упругого элемента в трехточечной системе и трех в четырехточечной, энергоемкость которых весьма мала из-за значительной нагруженности упругих элементов, большая масса тележек с опорными катками не обеспечивают тракторам необходимой плавности хода на грунтовых дорогах.

Основное направление в совершенствовании систем поддрессоривания энергонасыщенных гусеничных тракторов — переход к индивидуальной или рычажно-балансирной системе. При этом в качестве упругого элемента наиболее перспективно использование торсионных валов круглого сечения, обеспечивающих значительную энергоемкость подвески, компактность, простоту обслуживания и регулировки.

Трактор Т-70С (тяговый класс 2) выполнен с полужесткой четырехточечной системой поддрессоривания с пятью опорными катками, которая не обеспечивает удовлетворительной плавности хода при движении на повышенных скоростях. Новый трактор Т-90С (того же тягового класса) с двигателем мощностью 66 кВт оборудован рычажно-балансирной системой поддрессоривания с торсионными упругими элементами. Конструктивно ходовая часть сочетает в себе элементы балансирной и индивидуальной системы поддрессоривания. Шесть двухободных опорных катков 3 (рис. 88) каждого борта трактора попарно заблокированы в каретки двуплечими балансирами 1. В отверстие на конце каждого плеча балансира запрессована и приварена консольная ось 2, на которой установлен опорный каток.

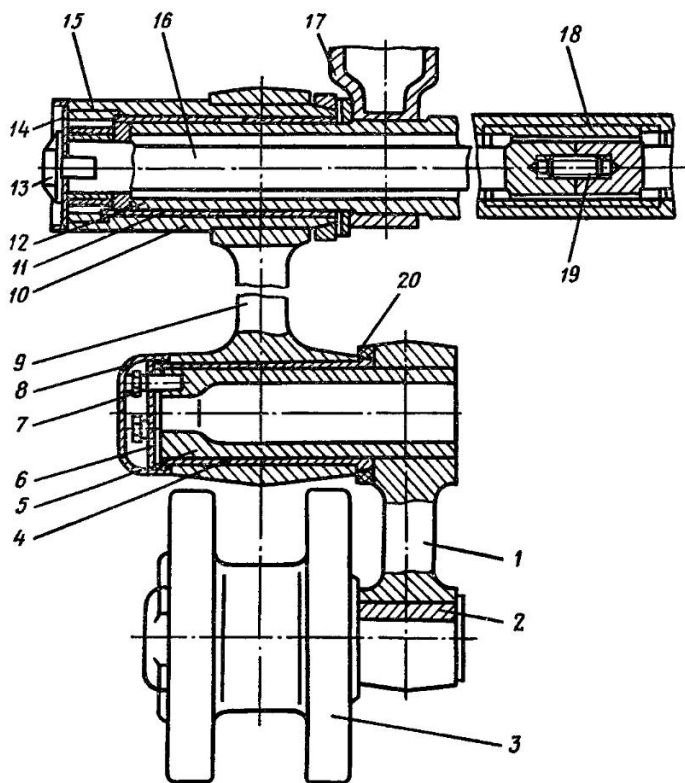


Рис. 88. Подвеска опорных катков трактора Т-90С.

Регулируют подшипники гайкой, перемещающейся по внешнему резьбовому концу оси и взаимодействующей через стальную шайбу с внутренним кольцом подшипника. Полость катка с наружной стороны закрыта крышкой, а с внутренней — герметизирующим резинометаллическим торцевым уплотнением. В средней проушине двуплечего балансира запрессована ось каретки 5, которая установлена шарнирно во втулках 4 в развитую нижнюю головку балансирного рычага 9. От осевого смещения предохраняет упорная шайба 6, прикрепленная болтами 7 к оси каретки. Полость шарнира защищена крышкой 8 и самоподжимным резиновым кольцом 20. Верхняя головка балансирного рычага жестко связана с полой осью 10, свободно поворачивающейся на втулках 11 поперечной трубы 12. Две крайние поперечные трубы прикреплены кронштейнами 17 соответственно к полураме трактора и корпусу трансмиссии

и вместе с жесткими цилиндрическими кожухами пружин амортизационного механизма образуют раму тележки ходовой системы.

Упругие элементы системы — торсионные валы 16 круглого сечения с одинаковыми шлицевыми головками, установленные соосно в поперечных трубах, причем внешние головки торсионов соединены с полый осью через специальную втулку 15, имеющую различное число наружных и внутренних шлиц треугольного профиля. Все это позволяет регулировать положение балансирующего рычага с кареткой относительно остова без снятия торсиона. Другой внутренний конец торсиона установлен в шлицевой втулке 18 и жестко закреплен в середине поперечных труб. Торсионы крайних кареток соединены между собой резьбовой шпилькой 19 и составляют единый вал с тремя шлицевыми головками. Это позволяет использовать торсионы для фиксации балансирующих рычагов в поперечном направлении. Поперечные трубы средних кареток — отдельные (это связано с общей компоновкой трактора) и прикреплены с помощью бугельных кронштейнов с болтовым соединением к задним поперечным трубам. От осевых перемещений торсионы зафиксированы упорными шайбами 14, упирающимися с внешней стороны в полые оси балансирующих рычагов, а для средних торсионов — и с внутренней стороны, где шайба взаимодействует с торцевой поверхностью шлицевой втулки, жестко связанной со средней поперечной трубой. Осевые усилия передаются через болты 13, установленные в резьбовых отверстиях головок торсионов. По конструктивным соображениям передний и задний балансирующие рычаги расположены по ходу трактора, средний рычаг — против хода. Угол закрутки торсионов ограничен резиновыми упорами, два из которых установлены на кожухе пружины амортизатора, а третий — на корпусе трансмиссии. Упругая деформация упоров составляет 100 мм, жесткость упора вдвое превосходит приведенную жесткость подвески каретки опорных катков, что обеспечивает лучшую характеристику подвески при максимальных ходах.

Для снижения расхода смазочных материалов подшипниковые узлы опорных катков трактора Т-90С выполнены с индивидуальной смазкой вместо масляной ванны в продольных балках тележек Т-70С. Амортизирующее устройство направляющего колеса выполнено в виде соосных цилиндрических пружин, заключенных в кожух, что позволило обеспечить достаточную энергоемкость узла. Конструкция упругой рычажно-балансирующей подвески Т-90С обеспечивает в 1,5 раза большую длину опорной поверхности по сравнению с трактором Т-70С при незначительном увеличении массы. Номенклатура сборочных единиц сокращается на 25%. Большие динамические ходы кареток (в 4 раза по сравнению с трактором Т-70С), балансирующая связь катков в каретках, рационально выбранная жесткость подвески позволили существенно снизить динамиче-

ские нагрузки на сборочные единицы ходовой системы и всего трактора, что улучшило плавность его хода.

Монтаж и демонтаж индивидуальных систем подрессоривания значительно упрощены. При накоплении остаточной деформации упругого элемента в индивидуальной подвеске предусмотрена регулировка положения балансира опорного катка, что невозможно в балансирной и полужесткой подвесках без применения дополнительных сборочных единиц.

Индивидуальная система с торсионным упругим элементом позволяет значительно снизить приведенную жесткость подвески, увеличить статические и динамические упругие хода, значительно повысить потенциальную энергию подвески, характеризующую работу ходовой системы трактора без пробоев и жестких ударов. Это позволяет выполнять сельскохозяйственные работы на повышенных скоростях, уменьшив при этом уровень ускорений на остовах трактора.

Действенная мера по уменьшению продольно-угловых колебаний остова, помимо установки специальных амортизаторов, — увеличение продольной базы трактора с индивидуальной системой подрессоривания за счет применения в движителях большего числа опорных катков. Так, углы продольных колебаний трактора Т-90С с шестикатковым движителем в 2...3 раза меньше, чем у тракторов ДТ-75М, Т-4А и Т-70С. Увеличения продольной базы трактора можно достичь также при применении несущего направляющего колеса, когда за счет опускания на грунт подрессоренного направляющего колеса продольная база увеличивается на 40%, что уменьшает углы раскачивания остова примерно в 2,5 раза. Индивидуальные подвески, как правило, имеют меньшую поверхность соприкосновения сборочных единиц с внешней средой, что способствует меньшему по сравнению с балансирной и полужесткой подвесками забиванию ходовой системы почвой и снегом.

#### **7.4. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СТЕПЕНИ УНИФИКАЦИИ**

Основная сборочная единица, лимитирующая ресурс гусеничного движителя, — гусеница с ведущим колесом. Существуют два направления повышения ресурса движителей сельскохозяйственных тракторов: первое — повышение износостойкости проушин и пальцев подбором материала и упрочнение поверхностного слоя сопряженных деталей, второе — применение резинометаллических шарниров, исключающих трение и износ металлических поверхностей.

Исследования показали эффективность применения в открытых шарнирах биметаллических пальцев с поверхностным слоем из высокоуглеродистых хромованадиевых сталей, обеспечивающих повышение ресурса гусениц в 1,5...2,0 раза (в зависимости от вида почв).

Новое перспективное направление повышения надежности и технического уровня гусеничных движителей — применение сборочных единиц, изготавливаемых из периодического проката. Для изготовления звеньев можно использовать прокат профилем полосы с почвозацепами, беговыми дорожками и направляющими ребордами. Из указанных профилей нарезают сборочные единицы, которые соединяются между собой с помощью контактной или автоматической сварки.

Существенный недостаток гусениц с металлическими шарнирами — увеличение шага гусеницы в процессе эксплуатации, снижающее показатели работоспособности движителей, его КПД, а также надежность зацепления гусеницы с ведущим колесом. Применение резинометаллических шарниров обеспечивает ресурс гусениц не менее 5000 моточасов при работе на всех видах почв, в том числе и на высокоабразивных, что в несколько раз больше ресурса обычной гусеницы.

Для повышения несущей способности и долговечности таких шарниров на втулки или пальцы (арматуру) насаживают металлические кольца, в результате ограничивается радиальная деформация резиновых элементов. Ограничительные кольца изготавливают из износостойких высокоуглеродистых или хромистых сталей. К звеньям гусениц с резинометаллическими шарнирами предъявляются повышенные требования по жесткости, несоосности, а также точности отверстий проушин. Основные параметры гусениц с такими шарнирами определяются силой тяги, рабочей скоростью и требуемым ресурсом. Для тракторов тяговых классов 3, 4 и 5 мощностью 120...200 кВт применяют гусеницы шириной 0,4...0,5 м. Трудоемкость обслуживания гусениц с резинометаллическими шарнирами в эксплуатации в 1,5...2,0 раза ниже обычных за счет исключения операций по замене пальцев, удаления лишних звеньев при увеличении шага и уменьшения числа регулировок натяжения гусеницы.

Для повышения надежности и уменьшения металлоемкости наиболее перспективно применение штампованных направляющих колес, опорных катков, поддерживающих роликов, в том числе с применением массивных шин из резины и полиуретановых композиций. Очень эффективно применение ведущих колес со сменными венцами и внутренней амортизацией, обеспечивающей снижение динамических нагрузок в зацеплении.

Для повышения долговечности опорных катков и других литых деталей их изготавливают из стали 45ФЛ. Эта сталь обладает повышенными на 10% прочностными свойствами в закаленном состоянии и на 10...15% — в нормализованном. Износостойкость стали увеличивается в закаленном и нормализованном состоянии до 25%.

Разработана\* конструкция унифицированного уплотнения,

\* НПО «НАТИ» и ГСКБ ВгТЗ.

в котором вместо тонкостенного резинового чехла применено массивное резиновое кольцо, смонтированное на нажимной поверхности подвижного в осевом направлении металлического уплотнительного кольца. Осевое усилие от пружины передается через нажимную шайбу этому кольцу и через него — подвижному в осевом направлении уплотнительному вращающемуся кольцу, поджимая последнее к контркольцу для создания эффективного герметичного торцевого уплотнения. В результате применения такого уплотнения на тракторе ДТ-175С резко снизилось время на техническое обслуживание ходовой системы, а также достигнута надежная работа подшипниковых узлов в течение ресурса и уменьшение расхода масла в 5 раз (в результате устранения его подтекания).

Для ведущих колес массовых тракторов наиболее перспективно применение шин радиальной конструкции. Шины типа Р обладают лучшей износостойкостью, повышенным сцеплением с почвой благодаря увеличению площади отпечатка, форма которого приближается к прямоугольной. В результате применения таких шин производительность трактора повышается примерно на 10%, уменьшается расход топлива.

Применение шин радиальной конструкции с увеличенной шириной беговой дорожки и глубоким рисунком протектора позволяет, в частности, повысить степень использования энергетической возможности тракторов «Кировец». Специальный рисунок протектора, оптимально сочетающий высокие износостойкие и тягово-сцепные свойства, применение высокопрочного полиамидного корда, использование новых рецептур резин — все это обеспечивает длительный срок службы шин 30,5R32; 32,5R32 и 24,5R32.

Для задних ведущих колес универсально-пропашных тракторов МТЗ-100, МТЗ-102, МТЗ-80 и МТЗ-82 предназначены радиальные шины 16,9R38 (модель Ф-52) и 15,5R38 (модель Ф-62). Для передних направляющих и ведущих колес указанных тракторов разработаны шины 16,0-20; 11,2-20 и 9,0-20. В частности, срок службы шины 9,0-20 в 1,8 раза больше, чем шины 7,50-20. При ее применении повышается грузоподъемность на 30%, снижается уплотнение почвы.

Преимущества унификации составных частей и сборочных единиц различных моделей тракторов в народном хозяйстве очевидны. Основная задача при решении данного вопроса — выбор базы для унификации, т. е. таких составных частей, которые наиболее полно отвечают функциональным требованиям, безотказности и долговечности как серийных, так и перспективных тракторов. Для тракторов Т-150 и ДТ-175С разработана\* унифицированная индивидуальная система поддрессоривания с торсионными упругими элементами.

---

\* НПО «НАТИ», ХПИ, ХТЗ и ВгТЗ.



Основные технические характеристики и параметры подвесок тракторов Т-150, Т-150М и ДТ-175С с индивидуальной (И) и балансирной (Б) системами поддрессоривания приведены в таблице 97.

Из этих данных следует, что индивидуальная подвеска по сравнению с балансирной имеет в 2,0...2,2 раза больший запас потенциальной энергии, меньшую на 10...19% металлоемкость и себестоимость ниже на 20...30%.

### 97. Техническая характеристика ЕХС

Параметр	Трактор (система поддрессоривания)				
	Т-150(Б)	Т-150(И)	Т-150М(И)	ДТ-175С(Б)	ДТ-175С(И)
Эксплуатационная масса трактора, кг	7400	7300	8250	8300	8100
Поддрессоренная масса, кг	6385	6500	7450	7120	7300
Число катков на борт (их диаметр, мм)	4(400)	4(400)	4(400)	4(400)	4(400)
Длина балансира, мм	267	267	267	267	267
Полный вертикальный упругий ход опорного катка, мм	83	130	130	80	125
Статический ход, мм	19	24	27	20	23
Приведенная жесткость подвески, кН/м	850	340	340	900	400
Суммарная вертикальная жесткость, кН/м	3400	2720	2720	3600	3200
Суммарная угловая жесткость, кН·м/рад	1183	1178	1178	1261	1258
Потенциальная энергия подвески, кН·м	11,7	23,0	23,0	11,5	25,0
Удельная потенциальная энергия, мм	183	354	309	162	343
Частота свободных колебаний, Гц:					
вертикальных	3,55	3,22	3,00	3,50	3,28
угловых	1,53	1,55	1,49	1,55	1,54
Относительный коэффициент сопротивления	0,25	0,12	0,12	0,15	0,12
Масса подвески, кг	815	710	710	880	710
Суммарная масса упругих и демпфирующих элементов, кг	101,6	58,3	58,3	103,2	57,0

За счет снижения жесткости подвески опорных катков в ней уменьшилась частота свободных вертикальных колебаний остова, что благоприятно сказывается на плавности хода трактора. Применение в такой подвеске закрытых смазываемых и менее нагруженных шарниров уменьшило изнашивание рабочих поверхностей. Однако уменьшение сил трения в узлах подвески снизило на 25% по сравнению с балансирными системами поддрессоривания величину относительного коэффициента

сопротивления, что несколько ухудшило демпфирующие свойства подвески.

Нагруженность опорных катков в индивидуальной подвеске меньше, чем при балансирной, у трактора Т-150 в 1,1...1,2 раза, у трактора ДТ-175С в 1,1...1,3 раза; пиковые значения крутящих моментов на валах ведущих колес трактора ДТ-175С с индивидуальной подвеской в среднем на 15% меньше значений моментов при балансирной подвеске. Такая же зависимость наблюдается для растягивающих нагрузок в гусеничной цепи. Таким образом, применение индивидуальной подвески на гусеничных тракторах тягового класса 3 способствует меньшей динамической нагруженности сборочных единиц, что обеспечивает повышение долговечности как ходовой и несущей систем, так и трансмиссии, а также снижает уплотняющее воздействие на почву.

Ходовая система с индивидуальной подвеской менее подвержена забиванию почвой и снегом, чем балансирная. Разборка и сборка индивидуальной подвески занимает на 35% меньше времени, чем балансирной, и не требует дополнительных приспособлений; восстановление положения балансиров индивидуальной подвески при накоплении остаточных деформаций упругих элементов возможно за счет регулирования угла установки балансиров. Аналогичная операция на балансирной подвеске требует дополнительных деталей.

## **7.5. УМЕНЬШЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВУ**

**Оценка уплотнения почвы.** Плотность — одна из важнейших характеристик почвы. Оптимальная для развития большинства культур плотность находится в довольно узких пределах (табл. 98).

Равновесная плотность, или плотность естественного сложения, для большинства почв больше оптимальной. Но имеются также почвы, у которых она близка к оптимальной или ниже ее. Это — красноземы, карбонатные черноземы, торфяные и другие почвы, которые иногда следует уплотнять для повышения их плодородия.

**Изменение структуры почвы.** За счет воздействия мобильных сельскохозяйственных машин на почву ее плотность в пахотном и подпахотном горизонтах повышается (табл. 99), а это приводит к серьезным изменениям структуры и характеристик почвы, ухудшению обитания корневой системы и, в конечном итоге, к снижению урожайности.

Почвы на территории СССР имеют различную степень устойчивости против уплотняющих факторов — атмосферных осадков, гравитационных сил и уплотняющего действия машин. Так, например, черноземы и красноземы противостоят

## 98. Оптимальная плотность почв

Почва	Механический состав	Плотность, г/см <sup>3</sup>		
		равновесная	оптимальная для развития культур	
			зерновых	пропашных
Дерново-подзолистая	Песчаная связная	1,5...1,6	—	1,4...1,5
	Супесчаная	1,3...1,4	1,2...1,3	1,1...1,4
	Суглинистая	1,3...1,5	1,1...1,3	1,0...1,2
Дерново-карбонатная	»	1,4...1,5	1,1...1,2	1,0...1,2
Дерново-глеевая	»	1,4	1,2...1,4	—
Луговая пойменная	»	1,1...1,2	—	1,0...1,2
Болотная	Степень разложения торфа — 35...40 %	0,17...0,18	—	0,23...0,25
Серая легкая	Тяжелосуглинистая	1,4	1,1...1,2	1,0...1,2
Чернозем	Суглинистая	1,0...1,3	1,2...1,3	1,0...1,3
Каштановая	»	1,2...1,4	1,1...1,3	1,0...1,3
Серозем	»	1,5...1,6	—	1,2...1,4

## 99. Изменение плотности темно-серой лесной почвы

Слой почвы, см	Плотность (г/см <sup>3</sup> ) после уплотнения тракторами								Контрольная деланка
	ДТ-75		МТЗ-82		Т-150К		К-701		
	двукратно-го	четырёхкратно-ного	двукратно-го	четырёхкратно-ного	двукратно-ного	четырёхкратно-ного	двукратно-го	четырёхкратно-ного	
0...10	1,21	1,40	1,22	1,37	1,24	1,43	1,17	1,49	1,20
10...20	1,45	1,56	1,46	1,41	1,57	1,55	1,47	1,52	1,41
20...30	1,46	1,45	1,43	1,42	1,56	1,52	1,44	1,48	1,32
30...40	1,47	1,42	1,52	1,43	1,52	1,48	1,51	1,51	1,41
40...50	1,52	1,43	1,49	1,45	1,50	1,54	1,49	1,49	1,56
50...60	1,52	1,47	1,53	1,50	1,51	1,55	1,52	1,45	1,47

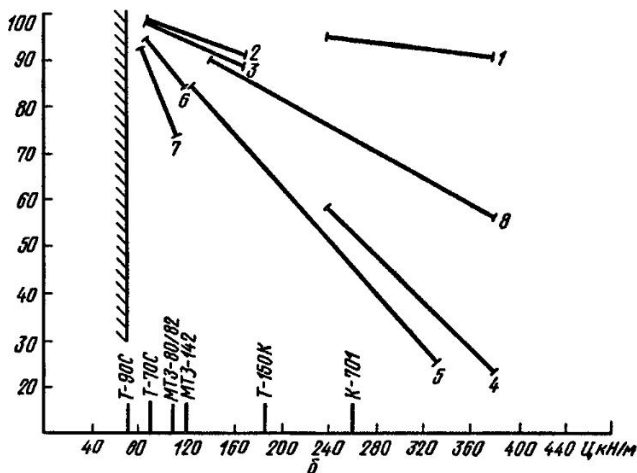
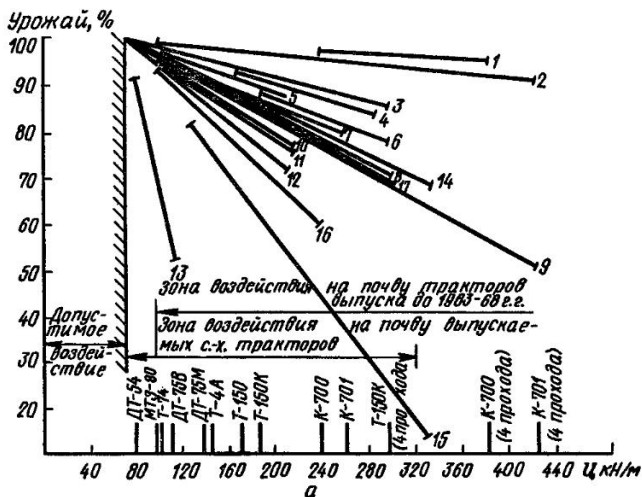
указанным уплотняющим факторам длительнее, чем дерново-подзолистые почвы.

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства одно из определяющих требований к сельскохозяйственной технике — повышение ее производительности. Однако при этом происходит усложнение машин, расширение их функциональных возможностей, возрастание мощности и, как следствие, — увеличение массы, числа проходов и скорости передвижения их по полям. Это вызывает повышение механического воздействия машин на почву.

В процессе подготовки почвы, посева, ухода за растениями и уборки урожая различные машины проходят по полю от 5 до

15 раз, в результате суммарная площадь следов движителей этих машин в 2 раза превышает площадь поля, 10...12% площади поля подвергается воздействию движителей от 6 до 20 раз, 65...80% — от 1 до 6 раз и только 10...15% площади не уплотняется машинами.

Влияние на урожайность. Анализ динамики изменения массы и механического воздействия на почву сельскохозяйственных тракторов показывает, что резкое увеличение этих показателей начинается с 60-х годов, когда промышленность приступила к выпуску эргономасищенной техники. На рисун-



ке 89 показаны результаты информационных данных по влиянию воздействия движителей тракторов на урожайность различных культур. Отсюда видно, что чем большее воздействие на почву оказывает движитель трактора (в том числе и за счет увеличенного числа проходов по следу), тем больше снижается урожайность. Это справедливо для большинства сельскохозяйственных культур и установлено данными исследований научных учреждений страны в различных почвенно-климатических зонах.

**Функциональные нарушения.** В результате прохода трактора или сельскохозяйственной машины по полю в почве образуются значительные по размерам уплотненные зоны, концентрирующиеся вокруг следов трактора (рис. 90) и распространяющиеся на расстояние 0,8...1,0 м в обе стороны от следов гусениц или колес. По глубине эти зоны распространяются на весь пахотный слой (0...30 см) и достигают 0,6 м. При этом наиболее существенно изменяются плотность почвы и поровое пространство (объем пор и распределение их между воздушной и водной фазами).

Соотношение между объемами пор, занятыми воздухом и водой в почве, также имеет существенное значение. В почве происходят процессы, аналогичные процессу дыхания, вследствие которых потребляется кислород и образуется углекислый газ. В уплотненной почве эти процессы не могут проходить нормально, так как накопление углекислоты может прекратить процесс жизнедеятельности. Почва — не замкнутая система, между ней и окружающей средой происходит газообмен, в результате которого углекислота отводится из почвы. При увели-

Рис. 89. Результаты информационных данных по влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур механического воздействия тракторов на почву:

*a* — культуры сплошного посева: 1 — суглинистая почва ЭССР (яровая пшеница); 2 — суглинистая почва Московской обл. (ячмень); 3 — чернозем Черкасской обл. (ячмень); 4 — суглинок ЭССР (овес); 5 — суглинок Минской обл. (ячмень); 6 — суглинок ЭССР (овес); 7 — серая лесная почва Новосибирской обл. (яровая пшеница); 8 — чернозем Черкасской обл. (горох); 9 — суглинок Московской обл. (ячмень); 10 — суглинок Могилевской обл. (яровая пшеница); 11 — суглинок Московской обл. (ячмень); 12 — южный чернозем Одесской обл. (ячмень); 13 — средний суглинок Вологодской обл. (яровая пшеница); 14 — чернозем тяжелосуглинок Омской обл. (озимая пшеница); 15 — чернозем тяжелосуглинок МССР (горох); 16 — чернозем тяжелосуглинок Омской обл. (яровая пшеница); 17 — суглинок Московской обл. (горохово-овсяная смесь); *b* — пропашные культуры: 1 — суглинистая почва ЭССР (картофель); 2 — чернозем тяжелосуглинок Краснодарского края (сахарная свекла); 3 — чернозем тяжелосуглинок Краснодарского края (кукуруза); 4 — суглинистая почва ЭССР (капуста); 5 — чернозем тяжелосуглинок МССР (кукуруза); 6 — суглинистая почва Кировской обл. (картофель); 7 — суглинистая почва Кировской обл. (картофель); 8 — серая лесная почва Московской обл. (кукуруза).

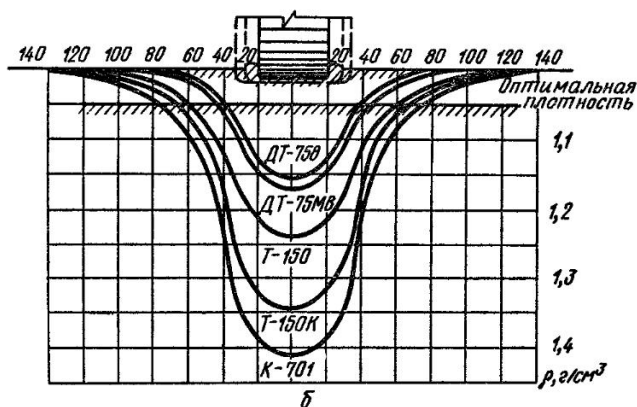
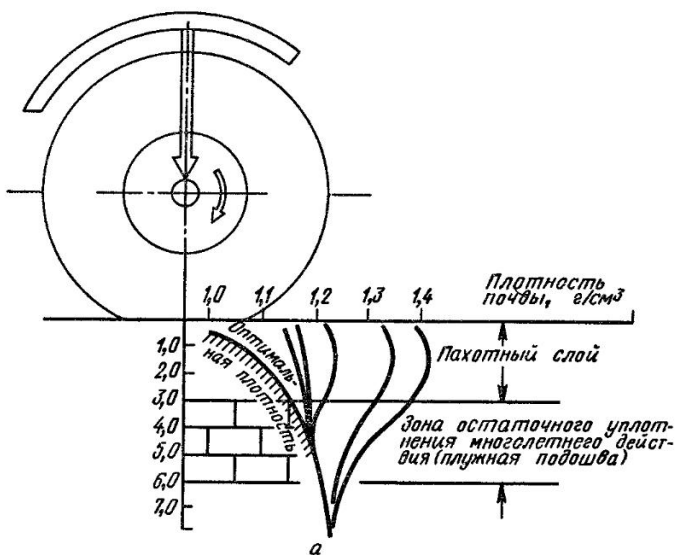


Рис. 90. Физические процессы, происходящие в почве в результате воздействия движителей тракторов: а – колесных; б – гусеничных.

чении уплотнения почвы объем воздушных пор уменьшается, газообмен сокращается, что отрицательно влияет на протекание биологических процессов, а следовательно, на рост и развитие растений.

Уплотненные зоны оказывают влияние на водный, воз-

душный и питательный режимы в почве также вследствие того, что уплотненная почва сильнее испаряет влагу, что способствует притоку влаги и растворенных в ней питательных веществ с соседних участков. Поэтому плодородие почвы в различных точках по ширине участка воздействия неодинаково, а урожайность представляет собой волнообразную кривую с характерными «провалами» в районе следов движителей.

Негативные последствия воздействия движителей на почву особенно опасны во время сева, так как они не устраняются последующими обработками.

При суммарном многократном воздействии движителей, а также почвообрабатывающих орудий происходит накопление деформаций уплотнения не только в пахотном, но и подпахотном слое почвы. При этом плотность почвы в пахотном слое остается в течение ряда лет более высокой по сравнению с контрольным участком, несмотря на многократную последующую обработку, изменение влажности, замораживание и оттаивание почвы и другие факторы. Уплотнение подпахотных слоев почвы также опасно для плодородия. Образующаяся в результате так называемая плужная подошва препятствует проникновению воды в глубь почвы, что приводит к водной эрозии, или заболачиванию почвы в сырую погоду, или же к быстрому ее высыханию и ветровой эрозии при засухе (рис. 90, б). Плужная подошва нарушает капиллярный приток влаги из более глубоких слоев к поверхности, а также препятствует развитию корневой системы. Разрушение плужной подошвы с помощью глубокого рыхления или чизелевания существенно улучшает плодородие почвы, однако удорожает технологический процесс.

**Влияние буксования на образование колеи и выбор способа движения.** Механическое воздействие движителей на почву не может рассматриваться только как уплотняющее, так как одновременно с этим происходит интенсивное разрушение структуры почвы под влиянием буксования. Во время движения трактора и других машин по полю образуется пылевое облако, которое увеличивается с ростом скорости движения трактора.

Кроме уплотнения и разрушения структуры почвы, под воздействием движителей образуются колеи, которые затрудняют дальнейшую обработку почвы, ухудшают работу сельскохозяйственных машин, снижают качество полевых работ, приводят к увеличению затрат энергии и соответственно к перерасходу топлива. Сопротивление обработке почвы по следу гусеничных тракторов возрастает на 25%, по следу колесных — на 40% по сравнению с сопротивлением обработки уплотненных участков. Наиболее интенсивное уплотнение почвы происходит на поворотных полосах.

Различные способы движения вызывают неодинаковые площади уплотнения поворотных полос (см. ниже). От способа движения зависит кратность воздействия ходовых систем на

почву. Поворотная полоса равномерно уплотняется при диагонально-перекрестном и челночном способах движения.

Способ движения агрегата	Уплотненная площадь (% общей площади поворотной полосы)
челночный с грушевидной петлей	75,1
всвал	25,2
перекрытиями	16,9
диагонально-перекрестный	14,8

**Определение воздействия движителей тракторов на почву** в соответствии с рекомендациями ГОСТ 7057—81 проводят при одновременных испытаниях двух или большего числа тракторов в сравнении с аналогом и (или) предшественником и оценивают по глубине и ширине оставляемого следа и изменению плотности и твердости почвы.

Для испытаний выбирают на поле из-под озимых культур участок, угол наклона которого не более  $2^\circ$  в любом направлении. Важное условие — чтобы на нем в предшествующие 3 года не проводились тяговые испытания, не проходила полевая дорога и при уборке в последующее время не проезжали бы транспортные средства и колесные тракторы. Выбранный участок должен быть обработан осенью по технологии подготовки поля к посеву озимых культур с использованием на всех операциях гусеничных тракторов тягового класса 2 и 3 с гусеницами шириной не менее 300 мм. В зависимости от вида и программы испытаний трактора допускается участок подготавливать в другие календарные сроки, вспахивая его на глубину не менее 30 см и культивируя на 10...12 см. Размер делянки поля должен составлять: длина — 30 м, ширина —  $2,5B$ , где  $B$  — ширина трактора по внешним кромкам движителей. Разметка участков для испытаний должна предусматривать такое число делянок для проезда тракторов, которое обеспечивает возможность проведения четырех опытов с каждым испытываемым трактором, с учетом трактора-аналога и наличия четырех контрольных делянок. Распределение делянок в каждом опыте должно быть произвольным.

Испытания следует проводить в весенний период при влажности почвы 15...28% в слое глубиной от 0 до 80 см и твердостью 100...300 кПа. Программой должны быть предусмотрены работы без нагрузки или с тяговой нагрузкой, которую создают тягово-загрузочной установкой через трос. Трактор должен двигаться так, чтобы расстояние от боковой границы делянки до края ближайшего оставляемого следа было не менее 0,3 м. После проезда трактора на каждой делянке посередине правого следа движителя и контрольной делянки в пяти точках, расположенных на расстоянии одна от другой не менее



5 м, режущим цилиндром (объемом 450...500 см<sup>3</sup>) следует проводить отбор проб почвы с ненагруженным при отборе сложением в слоях глубиной от 0 до 10 см включительно, свыше 10 до 20 см включительно, свыше 20 до 30 см включительно и свыше 30 до 40 см включительно.

Отбор проб и определение плотности и влажности почвы проводится по ГОСТ 20915—75. В пяти точках по большей стороне участка отбирают пробы для определения пикнометрическим методом плотности твердой фазы почвы. По тем же следам движителей и по оси контрольной делянки не менее чем в 10 произвольно расположенных по длине точек определяют с помощью твердомера с коническим (с углом конуса не более 30°) плунжером среднеинтегральные значения твердости почвы в слоях глубиной 0...10 см, 0...20 см, 0...30 см и число ударов плотномера ВНИИСтройдормаш. По левому следу на каждой делянке не менее чем в 10 произвольно расположенных по длине точках определяют размеры сечения следов относительно недеформированной поверхности делянки. Отбирают пробы и определяют твердость в течение 48 ч.

С учетом важности решения вопроса о снижении воздействия движителей на почву разработаны ГОСТ 26 953—86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Метод оценки уровня воздействия движителей на почву» и ГОСТ 26 954—86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Метод определения максимального нормального напряжения в почве».

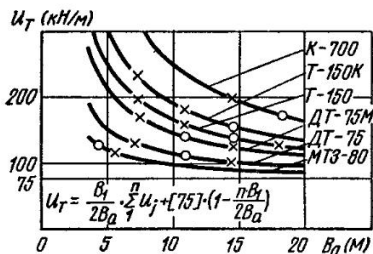
**Методы уменьшения воздействия на почву.** Снижение влияния уплотняющего воздействия на почву движителей сельскохозяйственной техники возможно по трем направлениям.

1. Технологическое, заключающееся в совершенствовании технологии возделывания сельскохозяйственных культур, включая уменьшение числа проходов (особенно при неблагоприятном состоянии почвы), рациональную маршрутизацию движения машин, применение комбинированных и широкозахватного агрегатов (рис. 91), минимальную обработку почвы, устройство постоянных полос для проезда техники, использование перегрузочной технологии при взаимодействии с транспортными средствами и др.

2. Агрономическое, заключающееся в повышении способно-

Рис. 91. Влияние ширины захвата агрегата на показатель уплотняющего воздействия на почву:

о — штатная ширина захвата посевного агрегата; х — возможные варианты ширины захвата;  $[U] \leq 75$  — допустимый уровень воздействия.



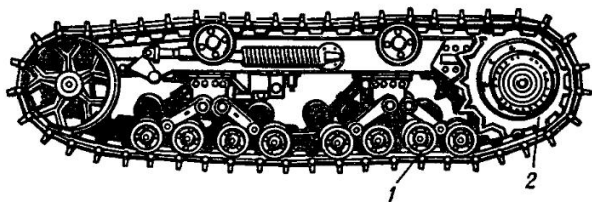


Рис. 92. Осьмикатковая ходовая система:  
1 — каток; 2 — ведущее колесо.

сти почвы противостоять уплотняющим и сдвигающим нагрузкам благодаря внесению органических удобрений и соблюдению всех качественных показателей при обработке почвы, введении дополнительных операций разуплотнения (глубокого рыхления).

3. Конструкторское, заключающееся в совершенствовании тракторов, сельскохозяйственных машин и их движителей в направлении устранения или снижения вредного воздействия на почву. Оно обеспечивает сохранение почвы от переуплотнения в условиях невозможности применения первых двух методов, но требует существенной модернизации ходовых систем и крупных капиталовложений в машиностроение и шинную промышленность.

Разработаны рекомендации по снижению воздействия на почву большинства серийных и перспективных тракторов, часть которых реализована или находится в стадии подготовки производства.

Для тракторов МТЗ-80, МТЗ-82 и МТЗ-100 намечается поставка новых шин 9,0-20 и 11,2-42 для узких междурядий и 16,9R38 — для основной комплектации, что позволит снизить воздействие на 15...20%. Для снижения воздействия до допустимого уровня при работе трактора на почвах повышенной влажности необходимо передние колеса установить на минимальную колею, а задние — на увеличенную до 2100...2800 мм.

Для тракторов Т-150К поставляются по заявкам заказчиков приспособления для сдваивания колес, так как это эффективно только для некоторых зон использования этих тракторов.

Для гусеничных тракторов Т-150 и ДТ-175С наиболее перспективно применение гусениц шириной 420 мм (вместо 390 мм), а в дальнейшем — гусениц с резинометаллическими шарнирами (шириной 440 мм), что снизит воздействие на почву на 15%. Для обеспечения допустимого воздействия на почву необходимо увеличение числа опорных катков на борт с четырех до восьми (рис. 92).

Успешное решение проблемы зависит не только от конструкции тракторов, но и в значительной мере от их эксплуатации. Так, за счет увеличения ширины захвата агрегата можно

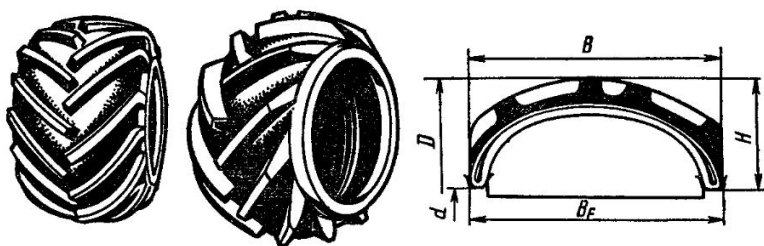


Рис. 93. Арочные шины (конструктивные параметры).

существенно снизить негативные последствия воздействия, особенно тяжелых тракторов. Совершенно недопустимо, например, использовать на севе одно- или двухсеялочные агрегаты вместо положенного трехсеялочного к трактору тягового класса 3.

Следует особо следить за давлением воздуха в шинах, не допуская превышения давления против указанного в инструкции по эксплуатации. Необходимо помнить, что чем ниже давление воздуха в шинах, тем меньше уплотняется почва в следах тракторов. Так, по опытным данным, снижение давления воздуха в шинах трактора класса 1,4 с 350 до 80 кПа приводит к повышению урожайности яровой пшеницы на 0,75 т/га.

Следует ограничивать рабочие скорости тракторов (главным образом гусеничных), особенно в периоды весенних и осенних полевых работ при высокой влажности почвы, на почвах с малой плотностью и сильно подверженных уплотнению (глинистых, суглинистых и малогумусных на их основе).

Для повышения проходимости тракторов на грунтах с низкой несущей способностью применяют арочные шины (рис. 93), которые обладают следующими особенностями:

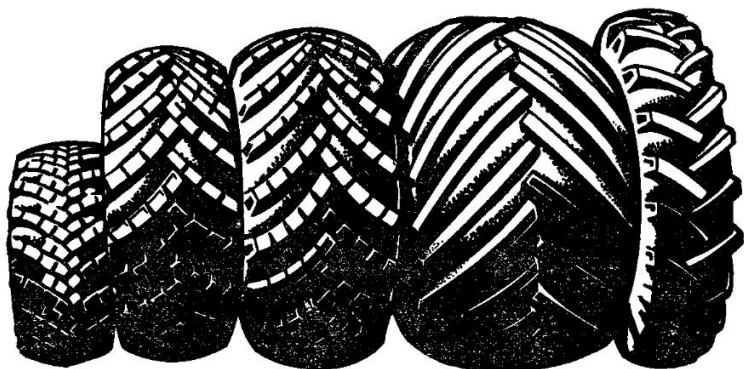


Рис. 94. Образцы широкопрофильных шин.

– внутреннее давление – до  $p_{вн} = 0,055$  МПа, что в 1,5 раза ниже минимального давления в тракторных шинах;

– отношение высоты профиля к ширине –  $H/B = 0,39...0,5$ ;

– отношение ширины шины к диаметру –  $B/D = 0,45...0,65$ .

Установка арочных шин эффективна на ведущих колесах транспортных средств, работающих на переувлажненных грунтах и в условиях бездорожья. Низкое давление в зоне контакта арочной шины с дорогой и хорошее сцепление с грунтом позволяют реализовать в указанных условиях большие тяговые усилия (в 1,5...1,8 раза больше, чем с серийными шинами). При этом шины обеспечивают снижение расхода топлива на 15...20% и коэффициента сопротивления качению в 1,7...2 раза. Высокая эластичность и низкое давление воздуха обеспечивают арочным шинам высокие амортизационные качества в данных условиях.

Одновременно с преимуществами установлены недостатки арочных шин: эксплуатация арочных шин на дорогах с твердым покрытием приводит к их быстрому износу по грунтозацепам и нарушению теплового состояния, увеличению расхода топлива вследствие роста коэффициента сопротивления качению и динамических нагрузок на детали и узлы; при движении по обледенелым дорогам эти шины не обеспечивают достаточного сцепления в поперечном направлении, что увеличивает возможность бокового заноса транспортного средства, на тракторе с арочными шинами нельзя выполнять работы по уходу за пропашными культурами, размер междурядий которых составляет менее 70 см.

Очень перспективно применение широкопрофильных шин. Они, так же как и арочные, имеют бóльшую ширину профиля по сравнению с шинами обычного типа (рис. 94). Необходимо отметить, что эти шины могут работать с внутренним давлением 0,033...0,041 МПа, но не приспособлены для передачи больших крутящих моментов из-за слабых боковин. Это препятствует их широкому применению на тракторах. В нашей стране созданы четыре типоразмера широкопрофильных шин: 15,5/65-18, 16,5/70-18; 22/70-20 и 71/47,00-25 для разбрасывателей удобрений и некоторых комбайнов.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Ксеневич И. П., Скотников В. А., Ляско М. И. «Ходовая система — почва — урожай». — М.: Агропромиздат, 1985.
2. Временные рекомендации по ограничению уровня воздействия движителей сельскохозяйственной техники на почву. — М.: Агропромиздат, 1985.
3. Тракторы «Беларусь» МТЗ-80, МТЗ-80Л, МТЗ-82, МТЗ-82Л. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. — Минск: Уралжай, 1981.
4. Трактор Т-150К. — Харьков: Прапор, 1983.
5. Основные направления в развитии конструкций ходовых систем сельскохозяйственных тракторов/Серия «Тракторы и двигатели». — М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1983.
6. Вопросы снижения воздействия на почву ходовых систем сельскохозяйственных тракторов. — М.: НАТИ, 1983.
7. Трелесочный трактор ТДТ-55А и его модификации/И. К. Емельянов, Е. М. Крашенников, А. А. Бойда и др. — М.: Лесная промышленность, 1981.
8. Дж. Вонг. Теория наземных транспортных средств. — М.: Машиностроение, 1982.
9. В. А. Скотников, А. В. Пономарев, А. В. Климанов. Проходимость машин. — Минск: Наука и техника, 1982.
10. Индивидуальные системы поддрессоривания гусеничных тракторов/Серия «Тракторы, самоходные шасси и двигатели, агрегаты и узлы», Вып. 12. — М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1980.
11. Топилин Г. Е., Забродский В. М. Работоспособность тракторов. — М.: Колос, 1984.
12. Ревуцкий Л. Д. Справочник по эксплуатации и ремонту шин в сельском хозяйстве. — М.: Колос, 1979.
13. Регулировки тракторов. Справочник/М. С. Горбунов, В. Е. Гореников, П. Д. Козлов и др. — Л.: Колос, 1979.
14. Трактор Т-70С. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 70С-0000010 ТО/Под общей редакцией Ю. Г. Урасова. — Кишинев, Картя Молдовеняска, 1981.
15. Тракторы «Беларусь» ЮМЗ-6АЛ и ЮМЗ-6АМ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. — М.: Машиностроение, 1982.
16. Трактор Т-150К. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 151.00.000ТО/Под ред. Б. П. Кашубы и И. А. Ковалю. — Харьков: Прапор, 1983.
17. Сторожук И. Н., Шасипов Н. Ф., Олейник Л. И. Ходовая система гусеничного трактора Т-150К, устройство и эксплуатация. — Техника в сельском хозяйстве, № 3, 1984.
18. Тракторы Т-25А и Т-25АЗ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации/Под ред. В. А. Эфроса. — Владимир, 1983.

19. Трактор ДТ-75МВ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. — Волгоград, 1984.
20. Трактор Т-4А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации/Под ред. М. Е. Минченко. — Барнаул, 1983.
21. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин на прочность и надежность/Под ред. П. М. Волкова и М. М. Тененбаума. — М.: Машиностроение, 1977.
22. Молоков Б. М. Организация восстановления деталей машин в сельском хозяйстве. — М.: Колос, 1979.
23. Кошкин Ю. А. Практикум по экономике ремонта сельскохозяйственной техники. — М.: Колос, 1979.
24. Степанов В. А. Ремонт ходовой части гусеничных тракторов. — М.: Колос, 1982.
25. Котенко С. С., Полещук А. А., Тывончук П. А. Техничко-экономический анализ способов восстановления деталей наплавкой. — Техника в сельском хозяйстве, 1984, № 10.
26. Бондарев А. Г. Изменение физических свойств и плодородия почв Нечерноземья под воздействием ходовых систем. — Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1983, № 5.
27. Кутин Л. Н., Пономаренко В. М., Уткин-Любовцов О. Л. Индивидуальные системы подрессоривания гусеничных тракторов. — М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, вып. 12, 1980.
28. Основные направления в развитии конструкций ходовых систем сельскохозяйственных тракторов/Уткин-Любовцов О. Л., Кутин Л. Н., Волошин Ю. Л. и др. — М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1983, № 10.
29. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов. Альбом-справочник. — М.: Россельхозиздат, 1979.
30. Развитие конструкций передних осей колесных универсально-пропашных тракторов/Дакимович В. В., Жук В. В., Мансутов Х. Н. и др. — М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1983, № 9.
31. Аксиненко В. Д., Свиридов В. М., Винокуров И. А. Пути снижения степени отрицательного воздействия тракторной и другой мобильной сельскохозяйственной техники на окружающую среду. — М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1984, № 5.
32. Тимошенко Г. А., Красовицкая Т. Н., Вакула В. С. Создание и исследование работоспособности шин 9.00-20 мод. ВФ-223 на тракторах «Беларусь». — Тракторы и сельхозмашины, 1983, № 5.
33. Об унификации ходовых систем гусеничных с.-х. тракторов класса 3/Абдула С. Л., Шевчук В. Г., Горяшко П. Н. и др. — Тракторы и сельхозмашины, 1984, № 7.
34. Влияние сельскохозяйственной техники на почву. Научные труды Почвенного института им. В. В. Докучаева. — М., 1981.
35. Tyres and Traction. By Jan Rutherford and Martion M'Allister. Englang, 1983.
36. Износ деталей сельскохозяйственных машин. — М.: Колос, 1982.
37. Бабусенко С. М., Степанов В. А. Современные способы ремонта машин. — М.: Колос, 1977.
38. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. — М.: Колос, 1981.
39. Ксеневич И. П. Тракторы МТЗ-100 и МТЗ-102. — М.: Агропромиздат, 1986.

# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i> . . . . .	3
<b>1. Классификация и технические особенности ходовых систем</b> . . . . .	5
1.1. Движители и подвески . . . . .	5
1.2. Основные характеристики и параметры . . . . .	12
1.3. Приспособляемость к различным условиям эксплуатации . . . . .	20
<b>2. Устройство и работа колесных ходовых систем</b> . . . . .	24
2.1. Устройство . . . . .	24
2.2. Принцип работы . . . . .	35
2.3. Основные параметры шин и колес (ободов) . . . . .	45
<b>3. Устройство и работа гусеничных ходовых систем</b> . . . . .	48
3.1. Устройство . . . . .	48
3.2. Принцип работы . . . . .	68
3.3. Основные параметры . . . . .	82
<b>4. Техническая эксплуатация</b> . . . . .	83
4.1. Требования технической эксплуатации . . . . .	83
4.2. Эксплуатация ходовых систем колесных тракторов . . . . .	84
4.3. Эксплуатация ходовых систем гусеничных тракторов . . . . .	100
4.4. Техническое обслуживание . . . . .	109
4.5. Оборудование и оснастка . . . . .	124
<b>5. Эксплуатационная надежность ходовых систем</b> . . . . .	128
5.1. Показатели надежности и методы их оценки . . . . .	128
5.2. Характер повреждений и износа деталей . . . . .	144
5.3. Влияние почвенно-климатических условий . . . . .	151
5.4. Воздействие коррозионной среды . . . . .	158
<b>6. Ремонт ходовых систем</b> . . . . .	164
6.1. Параметры выбраковки . . . . .	164
6.2. Планирование восстановления деталей . . . . .	174
6.3. Выбор износостойких материалов . . . . .	180
6.4. Применение прогрессивной технологии . . . . .	204
6.5. Оборудование для ремонта . . . . .	230
6.6. Повышение качества восстанавливаемых металлических деталей ходовых систем . . . . .	236
<b>7. Совершенствование эксплуатационных свойств</b> . . . . .	241
7.1. Технический уровень . . . . .	241
7.2. Повышение тягово-сцепных свойств тракторов . . . . .	244
7.3. Улучшение плавности хода . . . . .	250
7.4. Повышение надежности и степени унификации . . . . .	254
7.5. Уменьшение воздействия на почву . . . . .	258
<i>Литература</i> . . . . .	269

*Валерий Михайлович Забродский  
Александр Михайлович Файнлейб  
Леонид Николаевич Кутин  
Орест Леонидович Уткин-Любовцов*

## **ХОДОВЫЕ СИСТЕМЫ ТРАКТОРОВ**

**УСТРОЙСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ**

**СПРАВОЧНИК**

*Зав. редакцией Л. И. Чичева  
Редактор С. А. Карпушин  
Художественный редактор О. М. Соркина  
Художник А. М. Шлосберг  
Технический редактор Т. Б. Платонова  
Корректор Н. Н. Михайлова*

**ИБ № 4239**

Сдано в набор 04.04.86. Подписано к печати 12.11.86. Т-22341. Формат 84 × 108<sup>1/32</sup>. Бумага тип. № 2. Гарнитура таймс. Печать высокая. Усл. печ. л. 14,28. Усл. кр.-отт. 14,70. Уч.-изд. л. 16,30. Изд. № 321. Тираж 93000 экз. Заказ № 337. Цена 1 руб.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спаская, 18.

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.





ТРАКТОР С ПЕРЕДНИМИ  
КОЛЕСАМИ УВЕЛИЧЕННЫХ  
РАЗМЕРОВ



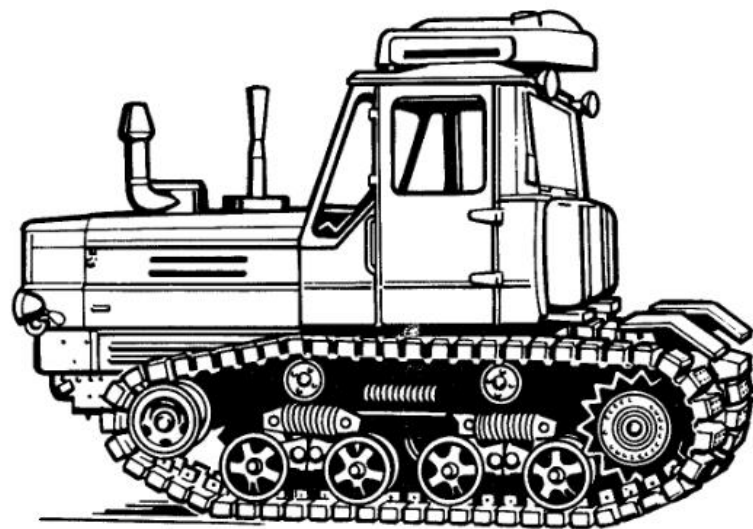
ТРАКТОР С ПОЛУГУСЕНИЧНЫМ  
ХОДОМ



ТРАКТОР Т-150 К  
СО СДВОЕННЫМИ ШИНАМИ



ГУСЕНИЧНЫЙ ТРАКТОР  
С РЕЗИНОВЫМИ БАШМАКАМИ



ГУСЕНИЧНЫЙ ТРАКТОР  
С ПНЕВМОБАШМАКАМИ



ГУСЕНИЧНЫЙ ТРАКТОР  
ТЯГОВОГО КЛАССА 2