

**Новое оборудование
для механической обработки
колесных пар локомотивов
и вагонов без выкатки**

*Памяти Владимира Львовича Либермана,
выдающегося инженера-конструктора,
изобретателя, без советов которого
этой книги бы не было*

Либерман Я. Л., Баженов С. Э.

**Новое оборудование
для механической обработки
колесных пар локомотивов
и вагонов без выкатки**

Санкт-Петербург
BooksNonStop
2022

УДК 629.4
ББК 39.24–04
Б16

Либерман Я. Л., Баженов С. Э.

Б16 Новое оборудование для механической обработки колесных пар вагонов и локомотивов без выкатки: монография / Я. Л. Либерман, С. Э. Баженов. — Санкт-Петербург: ИПЦ BooksNonStop, 2022. — 144 с.: 76 ил.

ISBN 978–5–9965–2410–5

Рецензенты: Действительный член Российской академии естественных наук, доктор технических наук, профессор С. Л. Гольдштейн, действительный член Международной академии авторов научных открытий и изобретений, Заслуженный изобретатель РСФСР Л. А. Каргаев

В монографии рассмотрены виды износа колес рельсового транспорта, методы восстановления профиля колес и применяемого для этой цели оборудования. По материалам магистерской диссертации С. Э. Баженова, выполненной под руководством и при участии Я. Л. Либермана, описываются новые конструкции колесотокарных и колесофрезерного станков, разработанных на кафедре «Подъемно-транспортные машины и роботы» Уральского федерального университета. Рассматривается режущий инструмент, необходимый для эксплуатации этих станков, и вспомогательное оборудование, требуемое при их применении.

www.booksnonstop.ru

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения правообладателя.

ISBN 978–5–9965–2410–5

© Я. Л. Либерман, С. Э. Баженов, 2022
© BooksNonStop, 2022

Оглавление

Введение	8
Глава 1. Современное состояние механообработки колес железнодорожных вагонов и локомотивов	10
1.1. Колесные пары вагонов и локомотивов и технические требования к ним	10
1.2. Износ колес в процессе эксплуатации и оборудование, используемое для обработки колесных пар в процессе ремонта	16
1.3. Способы и оборудование для подъема и вывешивания колесных пар при механообработке	23
1.4. Специальные колесотокарные станки, применяемые в настоящее время в локомотивных депо, и их типы	31
1.5. Существующие колесофрезерные станки и их конструктивные особенности	39
1.6. Достоинства и недостатки существующего оборудования для механообработки колесных пар без выкатки и направления его дальнейшей разработки	41
Глава 2. Разработка колесотокарных станков упрощенной конструкции	47
2.1. Разработка принципиальной схемы станка для обработки поверхностей катания приводных и не приводных колесных пар	47
2.2. Разработка механизма вращения не приводной колесной пары	51

2.3. Разработка конструкции собственно станка с ручным управлением	60
2.4. Разработка конструкции станка с числовым программным управлением	80
Глава 3. Разработка колесофрезерного станка упрощенной конструкции.....	90
3.1. Разработка конструкции колесофрезерного станка для обработки поверхностей катания колесных пар.....	90
3.2. Разработка двухсторонней фрезы для колесофрезерного станка	98
Глава 4. Модернизация домкратной установки для подъема и вывешивания вагонов и локомотивов	102
4.1. Механическая часть домкратной установки	102
4.2. Особенности применения домкратной установки при использовании колесотокарных и колесофрезерных станков	106
Глава 5. Вспомогательное оборудование, требуемое при механообработке колесных пар без выкатки.....	112
5.1. Подкатная платформа для перемещения станков	112
5.2. Пылесосы для уборки стружки из смотровой ямы.....	117
Заключение	122
Список литературы.....	123
Приложения.....	126

Введение

В настоящее время рельсовый транспорт широко используется как для пассажирских перевозок, так и для перемещения различных грузов. Из-за напряженной эксплуатации вагоны и локомотивы, входящие в его состав, могут довольно быстро приходить в негодность. В первую очередь изнашиваются колесные пары подвижного состава. Использование колесной пары, имеющей дефекты и изношенной сверх нормы, небезопасно, поэтому предприятия, занимающиеся рельсовыми перевозками, как правило, имеют в подчинении подразделения, занимающиеся ремонтом колесных пар.

Ремонт производят как с выкаткой тележек, содержащих указанные пары, так и без нее. Второе более целесообразно экономически, чем первое, но сложнее технически. Сегодня известно оборудование, позволяющее выполнять ремонт колесных пар с использованием механообработки их поверхностей катания тем и другим способом — с выкаткой и без выкатки. В том и другом случае колесной паре придается вращение без поступательного перемещения, а обработка ведется с помощью неподвижно установленного станка, снабженного режущим инструментом. Если обработка осуществляется с выкаткой, то вращение колесной пары производится специальным приводом, дополняющим станок и включающим в себя специальные ролики, прижимаемые к колесам. Если без выкатки, то либо аналогично, либо с помощью тягового привода локомотива.

В связи с тем что обработка колесных пар без выкатки с экономической точки зрения более целесообразна, она перспективнее, чем альтернативная. Вместе с тем

техническая сложность качественной обработки поверхностей катания колес ограничивает применение данного способа. В соответствии с этим задачей настоящей работы являлась разработка, с одной стороны, более простого, чем существующее, оборудования, позволяющего обрабатывать колесные пары без выкатки, а с другой стороны, обеспечивающего более высокую точность обработки. Последнее особенно важно, поскольку позволяет уменьшить или даже предотвратить разноразмерность колес, составляющих пару, и снизить интенсивность их последующего изнашивания.

Основное внимание в работе уделяется разработке колесотокарных станков и оборудованию, необходимому для их использования. Вместе с тем описывается и колесофрезерный станок, обладающий по сравнению с колесотокарным определенными преимуществами, рассматриваются также вопросы, касающиеся проектирования соответствующего режущего инструмента. Расчеты, обосновывающие принятые конструктивные решения, приводятся после описания каждого вида оборудования.

Глава 1.

Современное состояние механообработки колес железнодорожных вагонов и локомотивов

1.1. Колесные пары вагонов и локомотивов и технические требования к ним

Как известно, колесные пары тележек вагонов и локомотивов, образующих железнодорожный подвижный состав, могут быть приводными и не приводными. Первые являются элементами тележек тяговых секций локомотивов, вторые — безмоторных вагонов.

Колесные пары не приводных тележек железнодорожного подвижного состава (рис. 1, а) состоят из оси 1 и двух цельнокатаных колес 2, напрессованных на ось. Колесные пары локомотивов (рис. 1, б) состоят из оси 1, двух колес 2, которые, в свою очередь, состоят из двух колесных центров и бандажей. Бандажи устанавливаются на центры по горячей посадке, их фиксация обеспечивается укрепляющими кольцами. Для передачи крутящего момента от тягового двигателя к колесной паре на оси приводной пары локомотива устанавливаются зубчатые колеса 3: общие технические требования, предъявляемые к ним, описаны в ГОСТ 11018–2011 [1].

В соответствии с ГОСТ 11018–2011, детали колесной пары, предназначенные для сборки, должны соответствовать техническим требованиям, указанным в следующих документах: колесные литые центры — ГОСТ 4491–86; бандажи — ГОСТ 398, ГОСТ 3225 (ГОСТ Р 52366–2005 на территории РФ); цельнокатаные колеса — ГОСТ 10791; оси — ГОСТ 31334.

Колесные центры отливают из стали марки 20Л или 25Л по ГОСТ 977, в которых массовая доля марганца должна быть не менее 0,60%, серы — не более 0,025%, фосфора — не более 0,030%, хрома — не более 0,50%, никеля — не более 0,50%, меди — не более 0,40% [2].

Центры подвергают термической обработке. Механические свойства стали после окончательной термической обработки центров должны быть не менее указанных в табл. 1 [2].

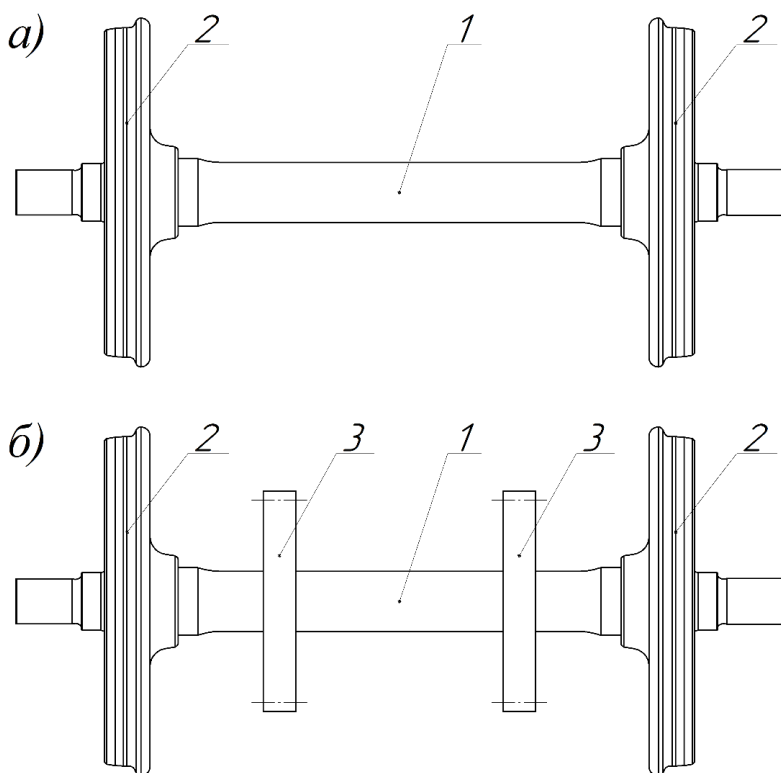


Рис. 1. Колесные пары: а) неприводная, б) приводная.

Таблица 1. Технические требования к литым колесным центрам

Наименование свойства	Норма для марки стали	
	20Л	25Л
Предел текучести, МПа (кгс/(мм ²))	245 (25)	265 (27)
Временное сопротивление, МПа (кгс/(мм ²))	440 (45)	470 (48)
Относительное удлинение, %	22	30
Относительное сужение, %	32	30
Ударная вязкость $KCU(a_1)$ при температуре +20 °С, Дж/см ² (кгс·м/см ²)	49,0 (5,0)	49,0 (5,0)
Ударная вязкость $KCU(a_1)$ при температуре -60 °С, Дж/см ² (кгс·м/см ²)	24,5 (2,5)	24,5 (2,5)

Бандажи согласно ГОСТ 398–2010 изготавливают из стали марок: 2 — для пассажирских, грузовых и маневровых локомотивов, моторных вагонов электро- и дизель-поездов и специального железнодорожного подвижного состава; 4 — для грузовых и маневровых локомотивов. Химический состав стали должен соответствовать нормам, указанным в табл. 2, механические свойства — табл. 3 [3].

Таблица 2. Химический состав стали бандажей

Марка стали	Массовая доля элементов, %						
	углерод	марганец	кремний	хром	ванадий	фосфор	сера
	не более						
2	0,57–0,65	0,60–0,90	0,22–0,45	не более 0,20	0,15	0,030	0,020
4	0,65–0,75			0,20–0,60			

Таблица 3. Механические свойства бандажей

Марка стали	Временное сопротивление, Н/мм ²	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Твердость, НВ		Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²	
		не менее		На глубине 20 мм	На гребне, не более	При +20°С	При -60°С
2	930–1110	10	14	не менее 269	321	25	15
4	не менее 1050	9	12	320–360	380	20	

Таблица 4. Химический состав стали колес цельнокатаных

Элемент	Массовая доля элементов, %			
	1	2	Т	Л
углерод	0,44–0,52	0,55–0,63	0,62–0,70	0,48–0,54
марганец	0,80–1,20	0,50–0,90	0,50–1,00	0,80–1,20
кремний	0,40–0,65	0,22–0,45	0,22–0,65	0,45–0,65
ванадий	0,08–0,15	≤0,01	≤0,15	0,08–0,15
сера	≤0,020	≤0,025	0,005–0,025	≤0,020
фосфор	≤0,030	≤0,030	≤0,030	≤0,030
хром	≤0,30	≤0,30	≤0,40	≤0,25
никель	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,25
медь	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,25

Цельнокатанные колеса должны быть без флокенов, расслоений, трещин, корочек, остатков усадочных раковин и недопустимых ликваций. Для обеспечения отсутствия в колесах усадочных раковин и недопустимых ликваций при изготовлении их из слитков от каждого конца слитка должны быть отрезаны части, достаточные для устранения этих дефектов. Цельнокатанные колеса изготавливают по ГОСТ 10791–2011 из марок сталей: 1, 2, Т, Л. Химический состав сталей и их механические свойства приведены в табл. 4 и табл. 5 соответственно. Стали 1, 2, Т, Л, обозначенные в табл. 4, применяют в зависимости от расчетной нагрузки и конструкционной скорости железнодорожного подвижного состава, в соответствии с ГОСТ 10791–2011 [4].

Соответственно типу применяемых букс и подшипников, расчетной осевой нагрузке и конструкционной скорости подвижного состава оси разделены на следующие типы: РМ3, РМ5, РУ1Ш, РВ2Ш, РВ1Ш, РВ3Ш. Все указанные типы осей соответствуют ГОСТ 33200–2014, их применяют с использованием подшипников качения. Однако в настоящее время в эксплуатации остались оси типа Ш-950 — для подшипников скольжения. Эти оси постепенно заменяют на более новые [5].

В ходе эксплуатации поверхность катания колеса контактирует с термически упрочнённым рельсом, изготавливаемым обычно из сталей 90ХАФ, 76ХАФ, 76ХФ, 76ХСФ, 90АФ, 76АФ, 76Ф по ГОСТ Р 51685–2013. Для относительного сцепления с ним шероховатость поверхности катания должна быть не выше Rz 40 — для колес 1-го класса точности и не выше Rz 80 — для класса точности 2. Отклонение от круглости колеса по кругу катания не должно превышать 0,1 мм — для колес класса точности 1 и 0,25 мм — для класса точности 2. При этом под отклонением от круглости понимают полуразность наибольшего и наименьшего диаметров по кругу катания, и измерения

для его определения проводят в двух взаимно перпендикулярных плоскостях [1].

Таблица 5. Механические свойства сталей колес
цельнокатанных

Марка стали	Временное сопротивление σ_b , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Твердость обода на глубине 30 мм, НВ	Ударная вязкость КСУ Дж/см ²		
		не менее			обода	диска	
					при +20 °С	при +20 °С	при -60 °С
1	880-1080	12	21	≥248	30	30	20
2	910-1110	8	14	≥255	20	20	15
Т	≥1020	9	16	≥320	18	18	15
Л	≥930	12	21	280- 320	30	30	20

Профиль колеса по кругу катания выполняется согласно ГОСТ 10791–2011 (рис. 2), что гарантирует устойчивое движение состава на прямых и криволинейных участках железнодорожного полотна, т.е. в различных условиях эксплуатации колесных пар.

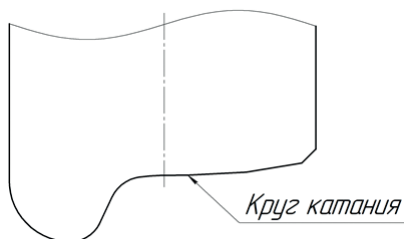


Рис. 2. Профиль обода колеса.

С учетом этих условий ГОСТ 10791–2011 устанавливает и упомянутое выше разделение на марки стали. В данном случае, однако, условия эксплуатации колесных пар учитываются более широко. Поскольку в процессе работы вагонов производятся частые торможения, в результате чего на поверхности катания появляются участки с измененной структурой, опасные при движении состава на больших скоростях, то для таких колес применяют сталь, не очень склонную к температурному воздействию. Условия эксплуатации грузовых вагонов характеризуются высокими напряжениями в пятне контакта колеса и рельса, вследствие чего к сталям для колес грузовых вагонов предъявляется требование повышенной прочности и износостойкости [5].

Важным аспектом эксплуатации железнодорожного транспорта, что очевидно, является его безопасность. Соблюдение технических требований гарантирует ее, однако только тогда, когда принимается во внимание появление эксплуатационного износа элементов подвижного состава колесных пар и своевременно производится соответствующий ремонт.

1.2. Износ колес в процессе эксплуатации и оборудование, используемое для обработки колесных пар в процессе ремонта

Износ колесной пары характеризуется появлением на поверхности колес и оси дефектов, возникающих из-за переменных контактных напряжений, резких торможений состава, коррозии, местных концентраций напряжений в элементах колесных пар, контакта их с рельсом, поверхность которого имеет дефекты, абразивного износа, термического упрочнения металла на поверхности колеса, повышенных осевых нагрузок, проскальзываний

приводных колес при наборе скорости состава и ряда других факторов.

Существует множество возможных дефектов колесных пар. Для удобства они классифицированы следующим образом (см. рис. 3).

Прокат — естественный износ поверхности катания колес железнодорожного состава вследствие трения их о рельсы. При достаточно большом прокате появляется возможность касания гребнем колеса болтов рельсовых креплений, что представляет прямую угрозу безопасности движения. Поэтому к эксплуатации не допускаются вагоны, у которых колеса имеют прокат выше значений, установленных Правилами технической эксплуатации железных дорог (ПТЭ) [6].

Трещины — вид износа, появляющийся из-за усталости металла и ударов, в частности от несвоевременного обнаружения ползунов. Колесные пары, имеющие трещины на любой из частей (на ободе колеса, ступице или диске), к эксплуатации не допускаются.

Местное увеличение ширины обода — деформация, возникающая по причине неравномерно распределенной нагрузки или ударов. К эксплуатации допускаются колесные пары, местное увеличение ширины обода которых не более 5 мм.

Ползуны — выбоины на поверхности катания обода колеса, образующиеся при резком торможении, когда колеса, пережатые тормозными колодками, перестают вращаться и скользят по поверхности рельсов. Ползуны — крайне опасный дефект, вызывающий сильные удары колес о рельсы при движении состава, что разрушает путь и ходовые части вагонов. Колесные пары, имеющие ползун на поверхности катания более 1 мм, к эксплуатации не допускаются.

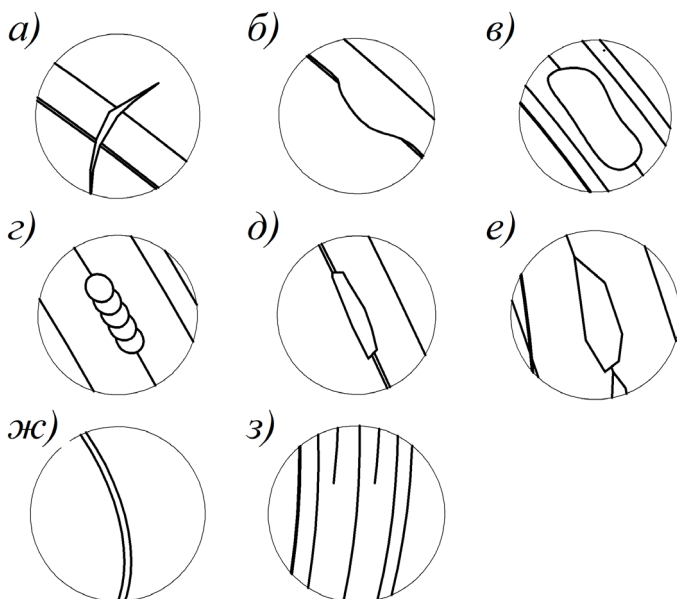


Рис. 3. Дефекты колесных пар: а) трещины, б) местное увеличение ширины обода, в) ползуны, г) навары, д) отколы, е) выщербины, ж) сдвиг ступицы колеса, з) кольцевые выработки на поверхности катания.

Навары и кольцевые выработки на поверхности катания — смещение металла на поверхности катания, возникающее вследствие движения поезда на повышенной скорости и применения композиционных колодок. Глубина кольцевых выработок на поверхности катания у основания гребня более 1 мм и на уклоне 1:7 более 2 мм или ширина их более 15 мм не допускаются. Недопустима высота наvara более 0,5 мм для колесных пар пассажирских вагонов и более 1 мм — для грузовых.

Выщербины и отколы — небольшие местные углубления на поверхности катания обода колеса, появляющиеся вследствие наличия ползуна. Выщербины и отколы могут также появиться из-за скрытых пороков металла. К эксплуатации не допускаются колесные пары,

имеющие на поверхности катания колес выщербины глубиной более 10 мм или длиной более 50 мм у грузовых вагонов и длиной более 25 мм — у пассажирских. Отколы глубиной более 10 мм недопустимы.

Сдвиг ступицы колеса — отклонение от нормы взаимного расположения колеса и оси, возникающее из-за чрезмерных осевых нагрузок или ослабления крепления ступицы колеса на оси. Колесные пары с данным дефектом к использованию запрещены.

Для обнаружения перечисленных дефектов, как правило, применяются специальные контрольные средства.

Контроль профиля колесной пары обычно выполняется при помощи шаблонов. Величина проката (рис. 4, а), толщина гребня (рис. 4, б; рис. 6) и величина кольцевой выработки (рис. 5) измеряются абсолютным шаблоном. Контроль вертикального подреза гребня (рис. 7) производится шаблоном ВПГ. Для этой цели также зачастую используются толщиномер и кронциркуль [7].

В настоящее время применяют различные методы устранения перечисленных выше дефектов и ремонта колесных пар. Профиль колеса восстанавливают путем наплавки слоя металла на поверхность колеса. Как правило, толщину наплавляемого слоя выбирают в зависимости от величины износа колеса. Такой способ требует последующей механической обработки поверхности катания колеса, что позволяет воспроизвести профиль с более высокой точностью. Восстановление осей колесных пар, в частности шеек осей, выполняют электродуговой металлизацией напылением. Поскольку неприводные цельнокатанные колеса напрессовываются на ось колесной пары, металлизация позволяет восстановить не только характер посадки, но и исходные размеры шейки. Этот способ признан технологичным и экономически выгодным. Кроме того, он обеспечивает получение восстановленных шеек осей со свойствами в эксплуатации и при монтаже не ниже, чем у новых осей [8].

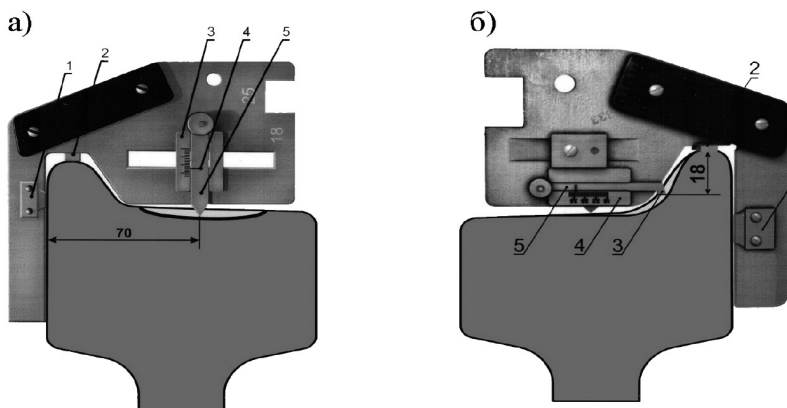


Рис. 4. Контроль колесной пары абсолютным шаблоном:
 а) контроль величины проката: 1 – лапка, 2 – опорная ножка, 3 – планка со шкалой, 4 – риска, 5 – вертикальный движок;
 б) измерение толщины гребня: 1 – лапка, 2 – опорная ножка, 3 – горизонтальный движок, 4 – планка со шкалой, 5 – риска.

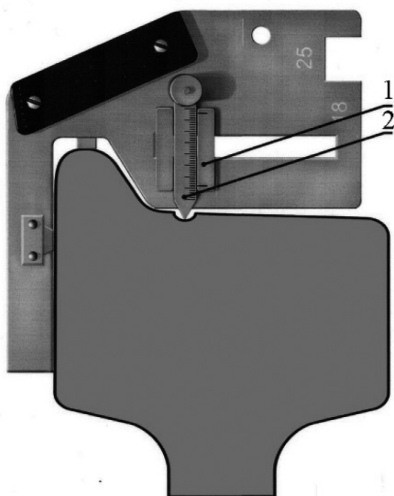


Рис. 5. Контроль величины кольцевой выработки:
 1 – шкала нониуса, 2 – движок со шкалой.

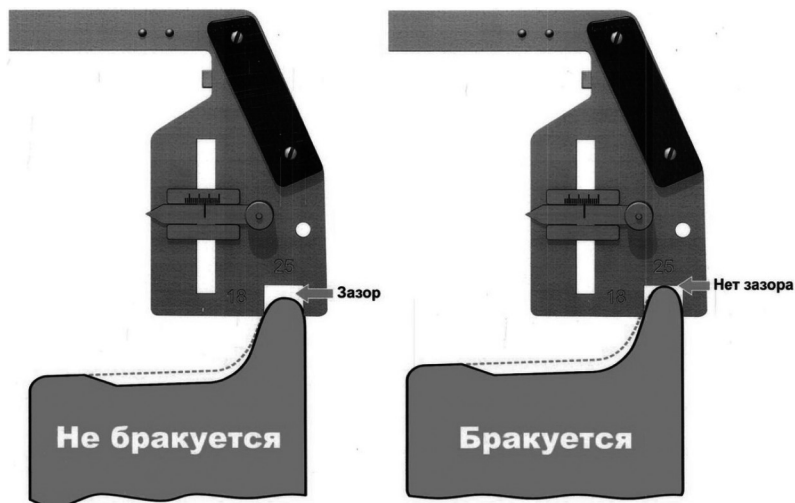


Рис. 6. Измерение износа гребня.

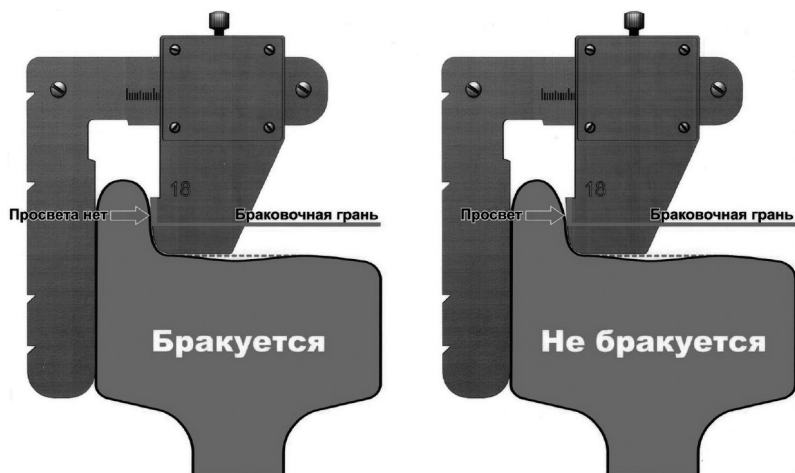


Рис. 7. Измерение вертикального подреза гребня.

На сегодняшний день широкое применение для механической обработки колесных пар получили две группы станков: фрезерная и токарная.

Механообработка с применением колесотокарных станков позволяет провести восстановление профиля с более-менее приемлемой точностью, имеет различные варианты схем базирования, у каждой из которых есть свои достоинства и недостатки.

Колесофрезерные станки обычно сложнее колесотокарных по конструкции, но проще по наладке. Те и другие станки могут применяться двояко: с выкатыванием тележки или колесной пары — обработка производится с демонтажом тележки; без выкатывания — восстановление профиля колесной пары производится без указанного демонтажа.

Способ обработки колесной пары без выкатывания имеет ряд существенных преимуществ: во-первых, сокращает временные затраты и затраты на оплату труда рабочих; во-вторых, уменьшает время простоя ремонтируемого вагона или тележки, что оказывает значительное влияние на экономическую составляющую применения железнодорожного транспорта. Тем не менее сегодня его используют ограниченно, обычно для ремонта приводных колес локомотивов, вращаемых тяговым двигателем последнего.

Обработку неприводных колес тележек вагонов и локомотивов без выкатывания тоже осуществляют, но весьма редко. Ее реализуют с помощью специального привода, вращающего ролики, прижимаемые к колесам. Как показывает анализ, причины недостаточно широкого распространения способа обработки колесных пар вагонов и локомотивов без выкатки две: первая — для этого требуется специальное, довольно сложное и недостаточно надежное оборудование для подъема, вывешивания, и базирования колесных пар; вторая — все еще сложны и не всегда точны и надежны существующие колесотокарные и колесофрезерные станки. Кроме того, не всегда такие станки обладают высокой производительностью.

Рассмотрим более подробно современное оборудование упомянутого выше назначения и соответствующие станки.

1.3. Способы и оборудование для подъема и вывешивания колесных пар при механообработке

Для того чтобы колесной паре, подлежащей обработке, придать вращение без поступательного перемещения, ее прежде всего необходимо вывести из соприкосновения с рельсом. Сегодня это производят с помощью гидравлических подъемных агрегатов и домкратов.

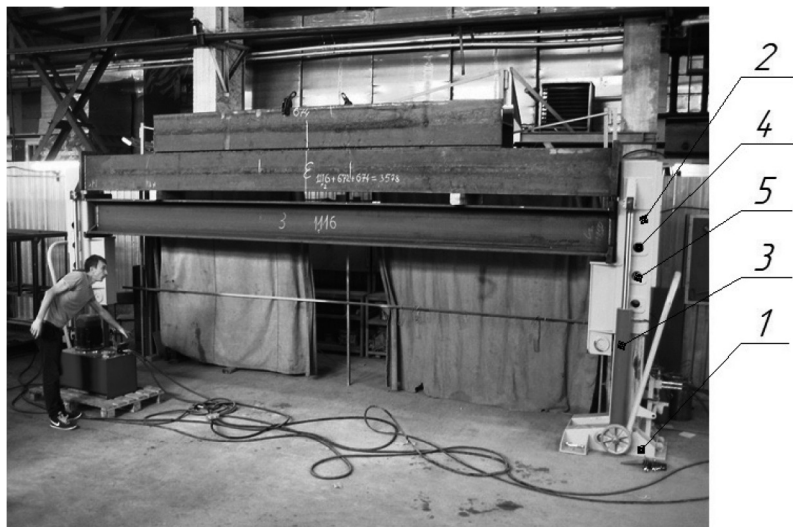


Рис. 8. Гидравлический комплекс ПЖД-02.

В крупных железнодорожных депо и на ремонтных заводах с этой целью применяют стационарные гидравлические агрегаты типов ПЖД-02 (рис. 8) и ПЖД-04 компании ЗАО ИПГ «Энерпром». Они включают в себя стойку 1 и подвижную балку 2 с опорными роликами и скользящими (на рис. 8 не показаны), обеспечивающими

вертикальное перемещение балки относительно стойки гидроцилиндрами 3. В балке выполнены три сквозных отверстия 4, а в стойке — одно, через которые при помощи пальца 5 балку фиксируют по высоте в трех положениях: 800 мм, 560 мм и 320 мм [9].

В не очень крупных депо для подъема вагонов и локомотивов нашла применение колесная домкратная установка типа УПД компании АО «Кубаньжелдормаш» (рис. 9), перемещаемая по специальным рельсам, параллельным железнодорожному пути.

Как правило, такие установки используют по четыре штуки, что позволяет поднять вагон или локомотив на нужную высоту, избежав его перекаса. Особенностью установок УПД является управление ими с одного пульта. При необходимости это обеспечивает возможность их согласованного позиционирования относительно вагона и вагонной тележки, подъем вагонов разной длины и компенсацию погрешностей их базирования.

В последние годы появились и новые колесные домкратные установки, в частности подобные разработанной Чижовым В. А., Закаменных Г. И., Крыжиным А. В. и др., защищенной патентом РФ № RU 2 240 278 C2 «Устройство для подъема вагонов». Указанной установке не требуются специальные рельсы, а для ее применения используются рельсы железнодорожного пути, по которым движется вагон.

Конструктивная схема установки по патенту № RU 2 240 278 C2 [10] показана на рисунках 10, 11 и 12.

Она содержит стойки 1 и 2, состоящие из опор 3 и 4 и направляющих 5 и 6, а также ползуны 7 и 8, обеспеченные возможностью скольжения по направляющим 5 и 6 и соединенные балкой 9, на верхней поверхности которой неподвижно закреплен упор 10. Направляющие 5, 6 и ползуны 7, 8 в сечении могут быть прямоугольной формы, предотвращающей разворот стоек 1, 2 относительно

балки 9. На упор 10 устанавливается съемный упор 11, который фиксируется пальцем 12. Для предохранения розетки 13 вагона 14 от деформаций и во избежание соскальзывания ее при подъеме на верхнюю поверхность упора 11 устанавливается деревянная прокладка 15.

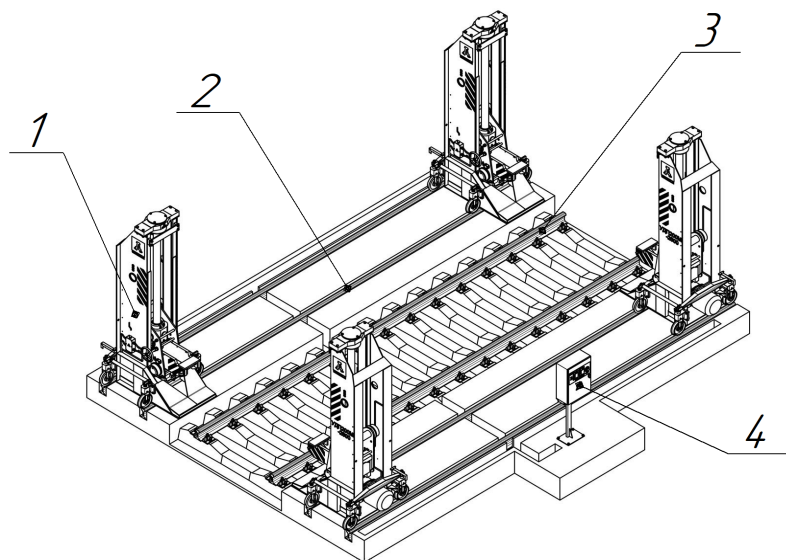


Рис. 9. Общий вид комплекса для подъема вагона, состоящий из четырех домкратных установок типа УПД: 1 – домкратная установка типа УПД, 2 – рельсы для перемещения и позиционирования домкратных установок, 3 – рельсы для позиционирования вагона или локомотива, 4 – пульт управления домкратными установками.

Ползуны 7 и 8 перемещаются относительно стоек 1 и 2 по направляющим 5 и 6 посредством гидроцилиндров 16 и 17, скрепленных корпусами с ползунами 7 или 8, а штоками — со стойками 1 и 2 и снабженных гидрозамками 18. На балку 9 снизу с помощью поворотных струбцин 19 крепится съемная тележка 20, которая колесами 21 ставится на рельсы 22 железнодорожной колеи.

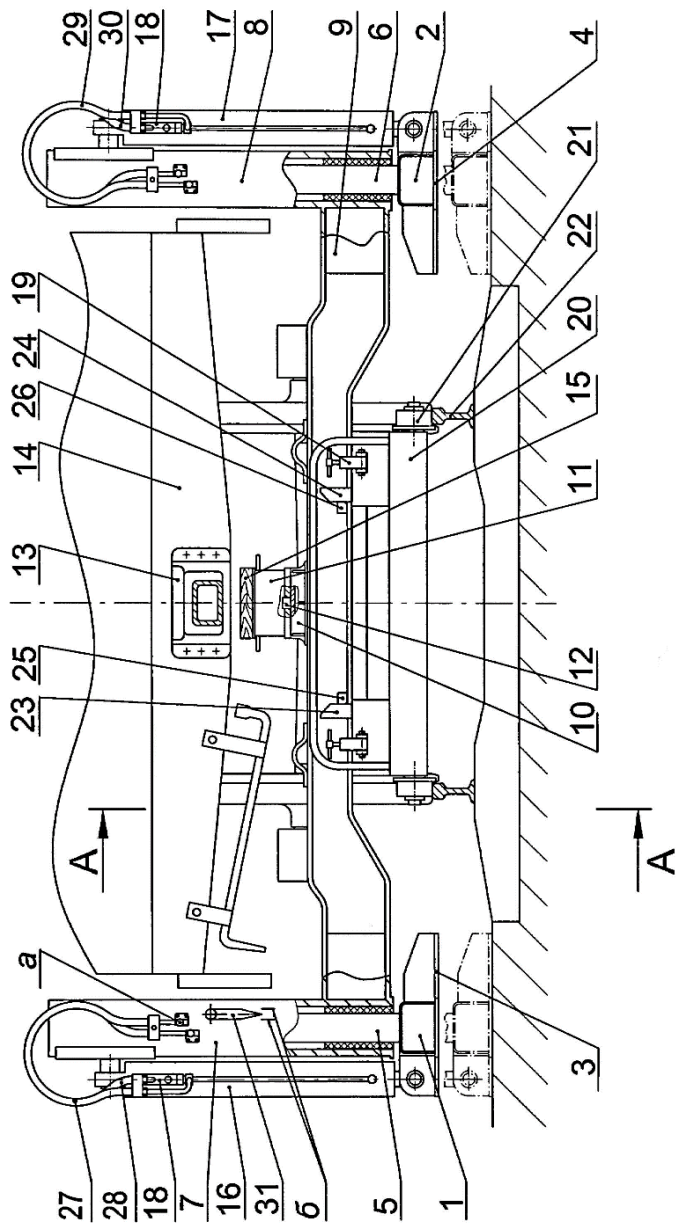


Рис. 10. Общий вид установки подъема вагонов.

A - A

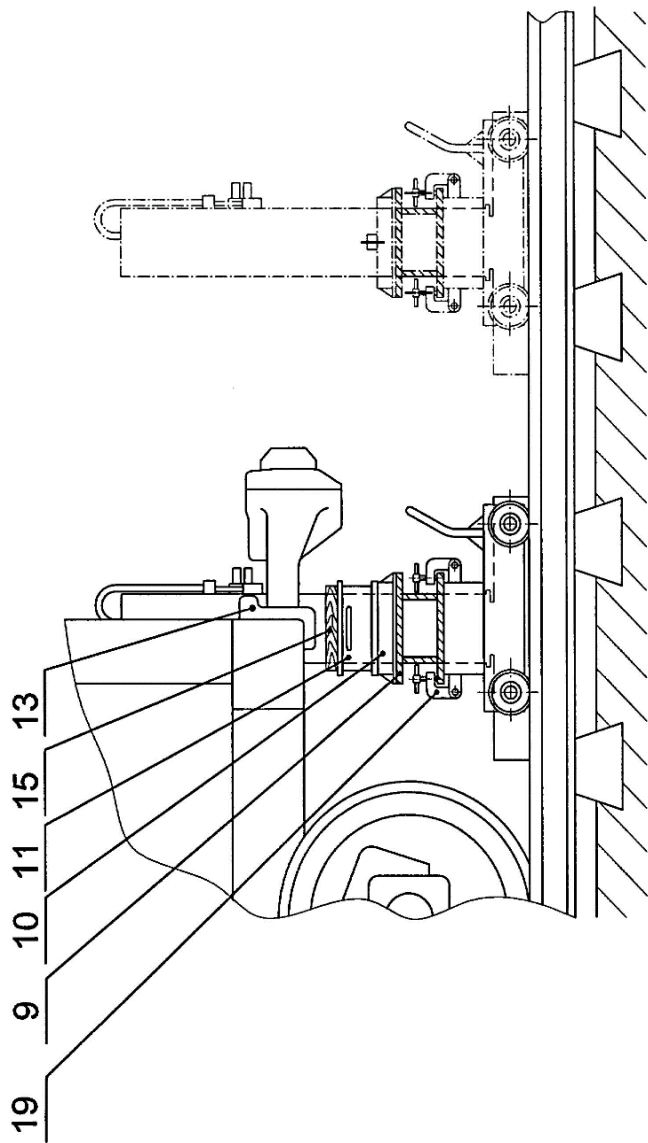


Рис. 11. Поперечный разрез установки
в положении перед подъемом вагона.

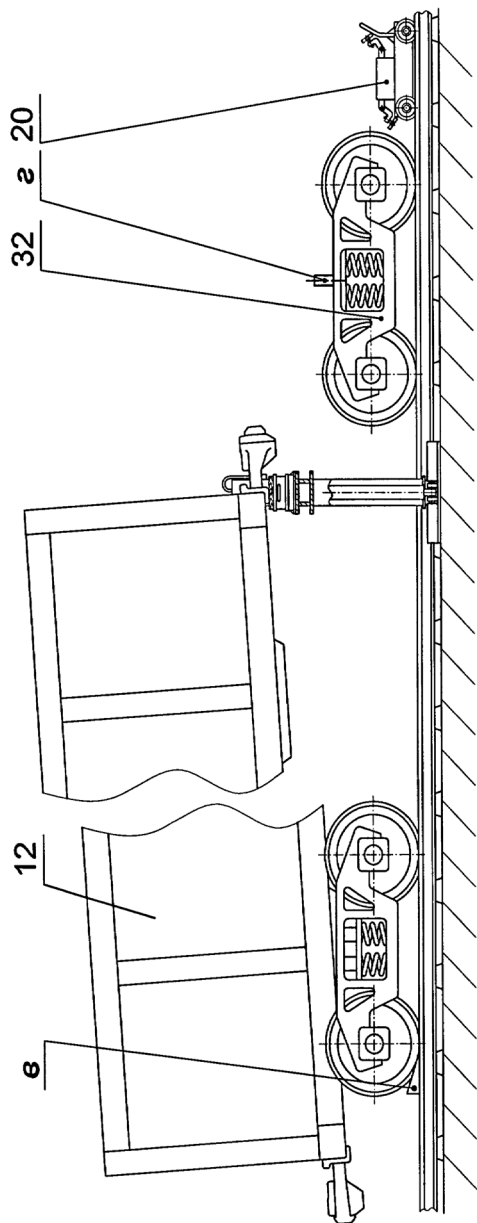


Рис. 12. Вид сбоку на установку с поднятым вагоном.

Балка 9 центрируется на тележке 20 копирами 23 и 24, закрепленными на тележке и взаимодействующими с выступами 25 и 26 балки 9.

Гидроцилиндры 16 и 17 приводятся в действие подачей давления к выводам «а» рукавов 27, 28, 29 и 30 соответственно. Для контроля наклона балки 9 на ползуне 7 шарнирно закреплен отвес 31 и нанесены риски «б».

Работа установки осуществляется следующим образом. Установка для подъема вагона краном снимается с самоходного транспортного средства и устанавливается на железнодорожные пути у торца ремонтируемого вагона со стороны подлежащей ремонту тележки вагона так, чтобы колеса 21 тележки 20 встали на рельсы 22. При этом опоры стоек 3 и 4 поджаты снизу до упора к балке 9. К выводам «а» подсоединяются рукава от гидрораспределителей гидростанции, установленной, например, на самоходном транспортном средстве.

Вагон 14 стопорится на рельсах железнодорожных путей клиньями «в». Тележка 20 перемещается по рельсам железнодорожных путей до тех пор, пока установка для подъема вагона со снятым упором 11 не встанет площадкой упора 10 под розеткой 13 вагона. Устанавливаются упор 11 и прокладка 15. Отворачиваются винты трубки 19, после чего трубки отводятся в стороны.

Подается давление от гидрораспределителей гидросистемы к гидроцилиндрам 16 и 17, и начинается выдвижение стоек 1 и 2 с опорами стоек 3 и 4 из ползуну 7 и 8. При этом ползуны, соединенные с неподвижной балкой 9, осуществляют скольжение по направляющим 5 и 6. После того как опоры стоек 3 и 4 касаются грунта по обеим сторонам железнодорожной колеи и при дальнейшей подаче давления к гидроцилиндрам 16 и 17, корпуса которых скреплены с ползунами 7 и 8, а штоки — со стойками 1 и 2, ползуны 7 и 8 совместно с балкой 9 начинают подниматься вверх относительно неподвижной тележки 20, скользя

по направляющим 5 и 6. После этого тележка 20, оставшаяся на рельсах 22, выкатывается из-под балки 9 и отводится по рельсам за пределы зоны ремонта вагонной тележки 32. Прокладка 15 касается розетки 13, и начинается подъем вагона 14.

Контроль равномерности движения ползунов 7 и 8 осуществляется по положению отвеса 31. Риски «б» ограничивают допустимый наклон балки 9 от горизонта. Движение ползунов 7 и 8, а следовательно, и наклонение балки 9 регулируется отдельными гидрораспределителями гидросистемы.

Подъем вагона осуществляется до выхода штыря «г» вагонной тележки 32 из гнезда в днище вагона, после чего подача давления в гидроцилиндры 16 и 17 прекращается. Вагон в этом положении удерживается гидрозамками 18. Дополнительно предусмотрено также ручное стопорение стоек. Вагонная тележка 32 выкатывается из-под вагона под балкой 9 по рельсам 22 железнодорожных путей для последующего ремонта.

Отремонтированная вагонная тележка 32 подкатывается под вагон и фиксируется клином относительно железнодорожных путей напротив гнезда в днище вагона.

Тележка 20 подкатывается под балку 9 установки для подъема вагона. Для опускания балки 9 с вагоном производится отвод давления из гидроцилиндров в гидросистему. Так как в установке для подъема вагона предусмотрено отдельное управление работой гидроцилиндров 16 и 17, то перемещение ползунов 7 и 8 относительно стоек может быть разным, за счет чего обеспечивается регулировка смещения вагона в поперечном направлении для облегчения посадки вагона на штырь вагонной тележки и уменьшения вероятности деформации или поломки деталей вагона. Вагон гнездом в днище вагона опускается на штырь «г» вагонной тележки 32 до упора в вагонную тележку. При дальнейшем опускании балка 9 выступами 25 и 26 находит на копиры 23 и 24 тележки 20, центрируется

относительно нее. После того как балка 9 опустится на тележку 20, опоры 3 и 4 поджимаются к ползунам 7 и 8, соединенным с балкой 9. При этом съемный упор 11 с прокладкой 15 отводится от розетки 13 вагона и снимается с упора 10 балки 9, после чего балка винтами струбцин 19 закрепляется на тележке 20.

Установка для подъема вагона по рельсам 22 отводится из-под вагона, рукава гидропривода отсоединяются, и она краном устанавливается на самоходное транспортное средство.

Описанная установка предназначена для подъема вагонов и локомотивов с выкаткой и без выкатки тележек. На рисунках показан первый вариант ее применения, рекомендуемый авторами. Для второго варианта она должна дополняться специальными кронштейнами, подводимыми под буксы тележек, и их противовесами. Это ее существенный недостаток, затрудняющий эксплуатацию.

Важным недостатком этой, а также рассмотренных выше подъемных установок и комплексов является и использование гидравлики. При больших нагрузках, возникающих при их работе, в гидроаппаратуре, да и в самих гидроцилиндрах, не исключены утечки, которые могут привести к значительным погрешностям базирования и иногда к большим перекосам поднимаемого объекта. Это может повлечь за собой некачественную последующую обработку колес и даже аварии.

1.4. Специальные колесотокарные станки, применяемые в настоящее время в локомотивных депо, и их типы

В железнодорожных депо сегодня применяются колесотокарные станки трех возможных типов: с ручной подгонкой профиля, оснащенные системой копирования и оснащенные системой ЧПУ.

Колесотокарные станки с ручной подгонкой профиля

Одним из наиболее простых станков для обтачивания колесных пар без выкатки является станок А-41 (рис. 13) производства Ивано-Франковского локомотиворемонтного завода. С его помощью обтачивание профиля производится поочередно для каждого колеса.

В станках с ручным управлением А-41 по схеме базирования выполняется установка колесной пары на буксах с применением специальных подпирающих буксы опор. При таком способе базирования подпирающие буксы производятся при помощи домкратов. Передача момента колесной паре осуществляется от тягового электродвигателя локомотива или от прижимных приводных роликов. Недостатком такого вида базирования является необходимость в дополнительных механизмах, исключающих перемещение колесной пары вдоль оси. Для этого применяются специальные распирающие устройства между внутренними гранями обрабатываемых колес. Эти устройства, как правило гидравлического типа, занимают относительно большой объем свободного пространства под вагоном и усложняют удаление стружки и контроль ремонтируемых колесных пар.

Для восстановления зоны катания колеса применяется инструмент с призматическими твердосплавными пластинами, для восстановления гребня колеса используется чашечный твердосплавный резец. Подъем и вывешивание колесных пар с использованием станка (рис. 13) производится с помощью гидравлических домкратов 1. Привод вращения ведущих колесных пар осуществляется от тягового электродвигателя локомотива. Точность и производительность восстановления профиля поверхности катания колесных пар для данных станков определяются в основном квалификацией персонала, работающего на станке, и его умением пользоваться контрольными

приспособлениями [11]; по данным [12], на обработку одной колесной пары отводится три часа, из которых значительная часть расходуется на подгонку профиля по шаблону. За смену рабочий может обточить две-три колесные пары. На станке независимо друг от друга могут работать два токаря, поскольку станок содержит два зеркально расположенных суппорта 2, способных перемещаться по продольным 3 и поперечным 4 направляющим.

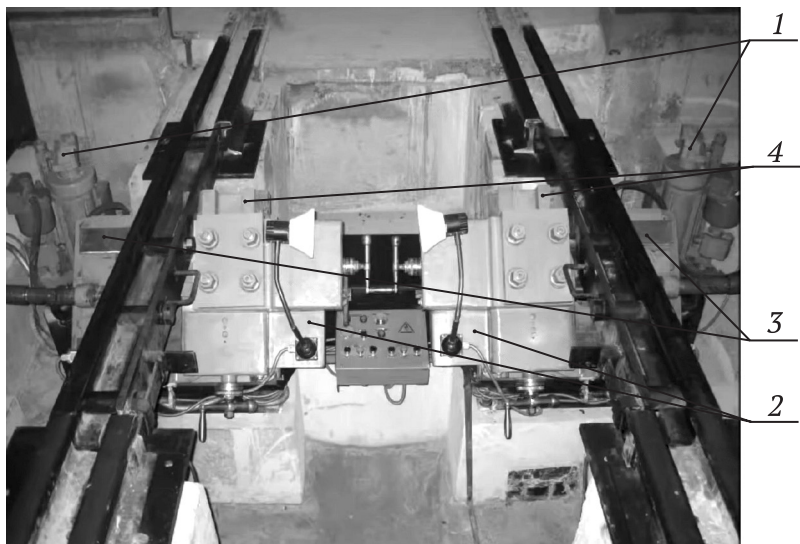


Рис. 13. Станок А-41 [13].

Достоинствами данного станка являются низкая стоимость и дешевизна эксплуатации, недостатками — ручная подача, требующая высокой квалификации токарей, и чрезмерно низкая производительность станка; из-за значительного вылета резца его стойкость и качество обработки являются низкими. Допустимые подачи, ввиду невысокой жесткости конструкции и характеристик двигателя, обеспечивающего вращение колесной пары, ограничены [11].

Колесотокарные станки, оснащенные системой копирования

Станки с системой копирования более производительны, чем предыдущие, поскольку подгонки профиля не требуют. Существуют их гидрокопировальные и электрокопировальные варианты, однако преимущественно применяются вторые как более надежные и простые. Из них наиболее прост станок модели UGB-150 (рис. 14) фирмы RAFAMET (Польша).



*Рис. 14. Общий вид станка UGB-150:
1) собственно станок UGB-150, 2) рельсы для перемещения
и позиционирования вагона или локомотива.*

Принцип его работы (рис. 15) основан на синхронной работе четырех пар приводных роликов 1 (по две пары на каждое колесо). Перед обработкой колесная пара базируется за гребни при помощи цилиндрических роликов 2. После обточки поверхности катания колес к обработанной поверхности подводятся конические ролики 3, а цилиндрические ролики выводятся из рабочей зоны. Это способствует непрерывному процессу резания всего профиля колесной пары.

Обработка происходит одновременно двумя суппортами по принципу электрокопирования. Станок оснащен системой измерения диаметра колес по кругу катания перед и после механообработки. Технологические возможности станка существенно расширены с помощью его снабжения дополнительной оснасткой, которая позволяет точить при базировании в буксах и в центрах, обрабатывать колесные пары без демонтажа.



Рис. 15. Станок UGB-150.

Механизм привода вращения колесной пары.

Колесотокарные станки, оснащенные системой ЧПУ

В последнее время наряду с описанными стали применяться колесотокарные станки, оснащенные системой числового программного управления. Так, компания RAFAMET разработала станок, который получил обозначение UGE-150N (рис. 16). В данной модели электрокопировальное устройство было заменено контурной системой ЧПУ, что позволило выполнять более точно обработку профиля, однако обработка колесных пар на таком станке производится с выкаткой тележки [14]. Без выкатки он тоже может быть применен, но только после доработки.

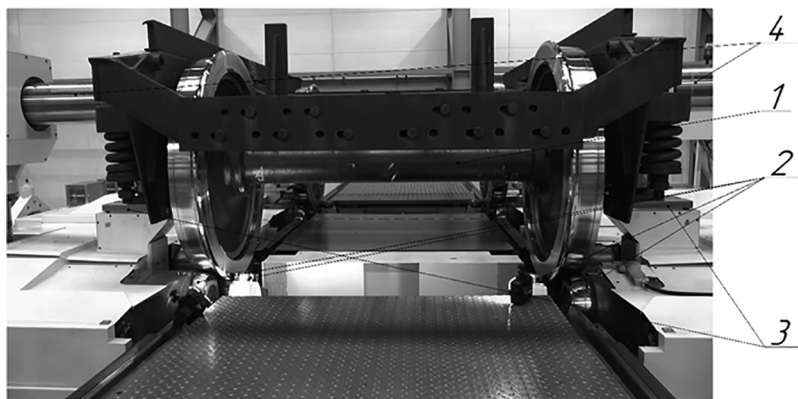


Рис. 16. Станок UGE-150N:

1 – колесная пара, 2 – приводные ролики, 3 – опорные стойки, 4 – гидроцилиндры с конструктивными элементами, предотвращающими смещение колесной пары в вертикальном направлении.

Станок размещается в смотровой яме железнодорожного депо или под эстакадой, на которую устанавливают тележку. Для обработки колесных пар применяются два суппорта, оснащенные измерительными головками и резцедержателями. Перемещение суппортов осуществляется электродвигателями с бесступенчатой регулировкой частоты вращения последних. Пульт управления станком располагается непосредственно в смотровой яме, в удобном для оператора месте.

Подлежащая обработке колесная пара подпирается под буксы и дополнительно фиксируется в направлении оси колесной пары цилиндрическими роликами (рис. 17). Этот способ довольно удобен в реализации и имеет ряд преимуществ: рост производительности за счет обеспечения непрерывности процесса резания; возможность снятия больших сечений среза (при ремонте колесных пар тяжелых локомотивов) с помощью полного нажима на ролики. Базирование колесной пары осуществляется как в радиальном, так и в осевом направлении с помощью

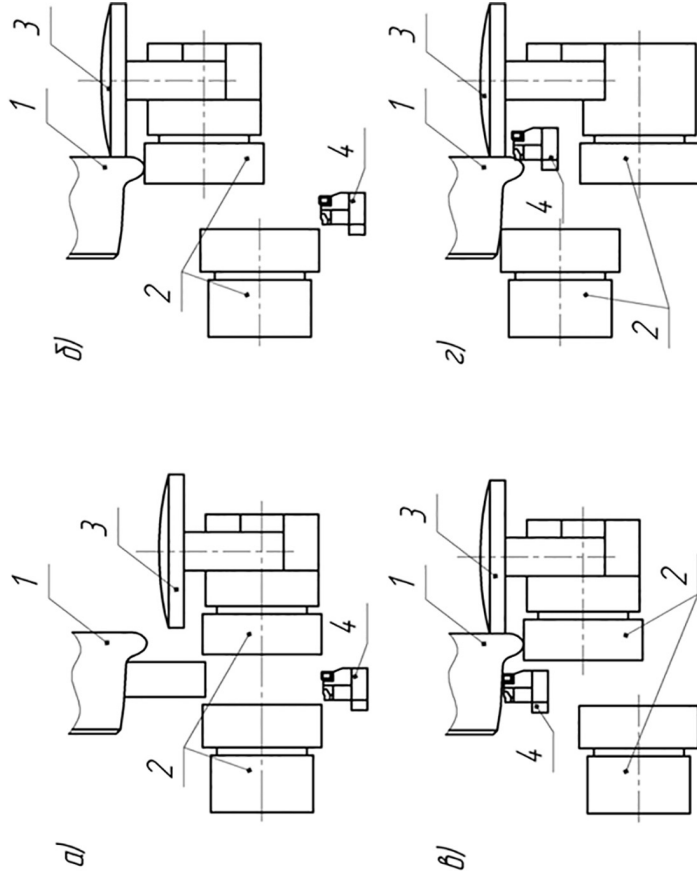


Рис. 17. Последовательность переходов при бесцентровом базировании колесных пар: а) первый этап; б) базирование по гребню колеса; в) обработка поверхности катания; г) базирование по поверхности катания и гребня; 1 – цельнокатаное колесо, 2 – опорные ролики, 3 – центрирующие ролики, 4 – резец.

роликов специального профиля. На первом этапе обработки ролики упираются в гребень колеса, а на последнем — в обработанную поверхность катания и фаску. Последовательность обработки приведена на рисунке 17. Недостатком приведенной схемы базирования является то, что при смене баз возникает дополнительная погрешность, вызванная неточностью взаимного расположения двух групп роликов.

Также для восстановления профиля колес применяются станки моделей UGE-180N, UGE-300N, UGE-400N, отличием которых является максимально допустимая нагрузка на ось: 180, 300, 400 кН соответственно.

Альтернативным решением являются станки с ЧПУ моделей TUP650, TUP650N и TUP650SH (рис. 18) компании KOLTECH (Польша), оснащенных, как и предыдущие, бесступенчатыми приводными двигателями: 30 кВт, 30 кВт и 55 кВт соответственно.



Рис. 18. Станок TUP650SH [15].

Эти подрельсовые станки могут быть применены для восстановления поверхности колесных пар различных профилей. Процесс обработки колесных пар

производится без выкатки. Модель станка TUP650 предназначена для обслуживания колесных пар легких вагонов и локомотивов, например трамваев, в тех случаях, когда нагрузка на ось составляет не более 100 кН, тогда как модель TUP650H предназначена, например, для вагонов метро, пригородных электричек, где нагрузка на ось не превышает 160 кН. Модель TUP650SH предназначена для применения на железных дорогах, а именно для локомотивов, где нагрузка на ось не превышает 300 кН. На рисунке 18 приведен общий вид станка TUP650SH, расположенного в смотровой яме железнодорожного депо.

Станки моделей TUP650, TUP650H и TUP650SH имеют схожие технические характеристики, однако у них более широкий диапазон регулирования режимов резания, за счет чего на обработку профиля требуется меньше времени.

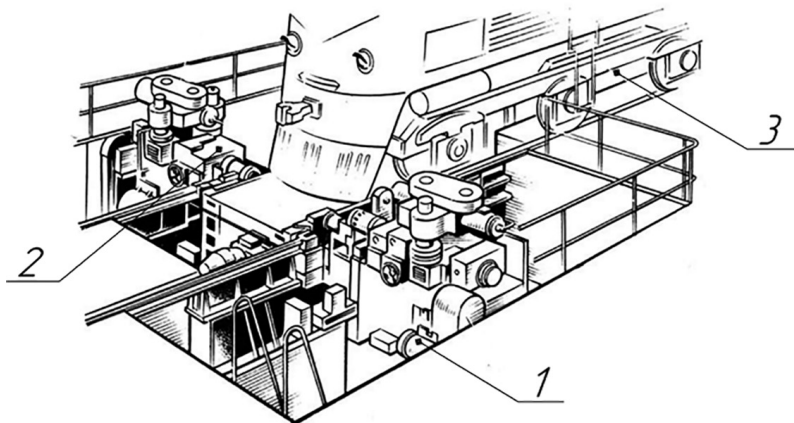
Перейдем далее к колесофрезерным станкам. Как уже отмечалось, они сложнее колесотокарных по конструкции, но проще в наладке.

1.5. Существующие колесофрезерные станки и их конструктивные особенности

Из отечественных колесофрезерных станков, используемых сегодня для ремонта колесных пар вагонов и локомотивов, определенное распространение получили станки модели КЖ-20 (рис. 19) производства Краматорского станкостроительного производственного объединения (КЗТС). Базовая модель КЖ-20 имеет ряд модификаций: такие как КЖ20ВФ1 — для ремонта колес подвижного состава метро и другие.

Станки данной модели позволяют производить восстановление профиля колесных пар посредством профильных фрез. Каждая фреза состоит из корпуса, на котором закреплены сменные пластины. На планках по спирали

установлены режущие твердосплавные пластины, изготавливаемые из материала Т14К8. Такие фрезы с 2016 года изготавливаются компанией ООО «СЛАВЕРС» (г. Челябинск) [16].



*Рис. 19. Общий вид колесофрезерного станка КЖ-20:
1 – электродвигатель станка; 2 – суппорт; 3 – рама тележки.*

При восстановлении профиля главное движение совершает фреза, круговую подачу совершает вращающаяся колесная пара. Фрезерный станок состоит из механизма фрезерования и главного привода. Механизм фрезерования базируется на С-образной раме, которая имеет возможность качаться на подшипнике и подниматься при помощи винтового домкрата. Этот механизм содержит профильные фрезы и две бабки с пинолями, которые могут устанавливаться при помощи винтовых подъемников с червячной передачей на высоту центровочных отверстий в оси колесной пары. Главный привод обеспечивает вращение колесной пары от двух пар фрикционных роликов через гребни колес. Кроме того, устройство включает в себя свободно вращающиеся ролики для поддержки колесных пар. Особенностью станков данного типа является применение комбинированной схемы

базирования, включающей вывешивание колесной пары на парных роликах и последующее базирование подвижной рамы станка по центровым отверстиям [11].

Технология обработки колесных пар на станках типа КЖ-20 основана на указанной схеме базирования, обеспечивающей вывешивание на парных роликах. Базирование подвижной рамы станка осуществляется по центровым отверстиям колесной пары. Из-за того что стандартные центры, имеющие максимальный диаметр около 30 мм, не имеют возможности нести полную осевую нагрузку при обработке, установка колесной пары производится на опорные ролики, которые включены в конструкцию станины КЖ-20. Установка относительно вывешенной колесной пары С-образной рамы осуществляется с помощью нежесткого соединения этой рамы со станиной станка благодаря шарнирной опоре. Контроль положения рамы выполняется с помощью гидравлических упоров.

После установки колесной пары гребнями колес на парные ролики рама с помощью центровых бабок базируется по центровым отверстиям оси колесной пары. Врезание профильной фрезы выполняется перемещением С-образной рамы с фрезерной головкой относительно неподвижной колесной пары с зафиксированными на ней центровыми бабками. Тем не менее при таком виде базирования система имеет низкую виброустойчивость из-за того, что рама, подвешенная на шаровом шарнире, при обработке не зафиксирована относительно неподвижных узлов станка.

1.6. Достоинства и недостатки существующего оборудования для механообработки колесных пар без выкатки и направления его дальнейшей разработки

Рассмотренное выше оборудование для репрофилирования поверхности катания колесных пар без выкатки

с точки зрения достоинств и недостатков уже в определенной мере оценивалось. Тем не менее остановимся на этом вопросе дополнительно.

Мы уже показали, что из устройств для подъема вагонов наиболее новым является устройство, защищенное патентом РФ № 2240278. Его основным достоинством является универсальность, но при использовании для ремонта колесных пар без выкатки оно требует применения дополнительных конструктивных элементов.

Комплекс ПЖД-02 также универсален, но имеет большие габаритные размеры, сложен в монтаже и может применяться преимущественно на специализированных ремонтных предприятиях. Установки ПЖД-02 могут эксплуатироваться на специализированных предприятиях и в депо, но их главный недостаток, свойственный, впрочем, и подъемному оборудованию по патенту № 2240278, — применение гидравлики.

Мы уже упоминали, что из-за больших нагрузок гидрооборудование домкратных установок может давать течь, а это может повлечь за собой перекосы поднимаемых вагонов и локомотивов и даже аварии. Но использование гидравлики в рассматриваемом оборудовании сопряжено и со специфическими особенностями масел, применяемых в гидросистемах. Поскольку это оборудование эксплуатируется обычно при разных температурах окружающей среды (хотя бы по причине смены времени года), вязкость масла в его гидросистемах существенно меняется. Отсюда — непостоянство жесткости домкратных установок, нестабильность упругих деформаций и т.п.

Еще один общий недостаток большинства известных домкратных установок — отсутствие элементов центрирования колесных пар. При ремонте последних с выкаткой тележек это недостаток не принципиальный, но при

обработке колесных пар без выкатки центрирование необходимо. В противном случае возможен перекос оси пары и колеса окажутся разного диаметра.

Обобщим достоинства и недостатки существующих станков для обработки без выкатки поверхностей катания колес, составляющих колесную пару.

Станок А-41, как указывалось выше, весьма прост, но пригоден только в случаях вращения колес тяговым двигателем локомотива. Для обработки неприводных колес, например вагонов, он неприменим. Кроме того, конструкция направляющих его суппорта такова, что одинаковость диаметров колес пары после их обработки совсем не гарантируется.

Станок UGB-150 (и ему подобные) может использоваться более широко, чем А-41, он позволяет обрабатывать колеса приводных и неприводных колесных пар. Как указывалось, для этого он снабжен специальными приводными роликами, вводимыми в соприкосновение с колесами и осуществляющими с ними фрикционное взаимодействие. Система взаимодействия тщательно проработана, и, казалось бы, точность обработки колес на этом станке может быть высокой. Однако вызывает возражение сам принцип вращения колес с помощью фрикционных пар. Как бы они ни были сконструированы, проскальзывание роликов относительно колеса при использовании не исключается. А это — источник погрешностей обработки. Вряд ли рационален принцип обработки колес пары и двумя суппортами. Как бы ни производилось согласование работы приводов суппортов с помощью копировальной системы, практически оно не будет точным. Отсюда тоже проистекает разноразмерность диаметров колес после обработки.

Колесотокарные станки с ЧПУ, являющиеся результатом модернизации копировальных станков, более точны,

чем последние. Однако у тех и других есть общий недостаток — сложность конструкции. Из чего следует их высокая стоимость и не всегда достаточная надежность и ремонтпригодность.

Общей особенностью колесотокарных станков является также необходимость обеспечения точной ориентации лезвий их резцов относительно оси колесной пары по высоте и направлению. Осуществить точную ориентацию непросто, и обычно она оставляет желать лучшего. На точность обработки это, разумеется, влияет, но существенно влияет и на стойкость токарных резцов. В настоящее время материалами режущих пластин, как правило, служат твердосплавные пластины Т5К10, КС-25, КС-35. Это устаревшие марки, не обеспечивающие требуемой сегодня высокой стойкости резцов при обработке сталей 2, 4, Т, Л (см. раздел 1.1.), из которых изготавливают бандажи. Кроме того, они не очень хорошо реагируют на удар. Между тем после наплавки на поверхности катания колеса могут появиться наплывы, которые вызывают ударные нагрузки на резец. В связи с этим, рассматривая достоинства и недостатки современных колесотокарных станков, нужно принимать во внимание и сложность их наладки, выражающуюся в особенностях указанной выше ориентации лезвий, и недостаточную стойкость резцов.

Анализ достоинств и недостатков известных колесофрезерных станков показывает, что для их успешной эксплуатации не требуется точно ориентировать инструмент (фрезу) так, как резец при эксплуатации токарных станков. Достаточно, чтобы ось фрезы была параллельна оси колесной пары. Это весьма важное достоинство колесофрезерных станков по сравнению с колесотокарными. Тем не менее недостаток у таких станков, обусловленный невысокой стойкостью режущего инструмента, остается. Более того, он выражается сильнее, поскольку

фреза — инструмент более сложный, чем резец, многолезвийный и ее стойкость зависит от стойкости каждого режущего лезвия.

Наряду с этим существующие колесофрезерные станки имеют и еще один недостаток, аналогичный недостаткам описанных выше колесотокарных станков. Он состоит также в применении двух суппортов (или, точнее, в применении двух фрезерных бабок). Поскольку силы резания при фрезерной обработке значительно превышают силы резания при токарной обработке, даже небольшие различия в характеристиках приводов бабок могут привести к недопустимым погрешностям обработки и разноразмерности колес. Кроме того, в связи с более высокой сложностью приводов колесофрезерных станков, чем приводов колесотокарных (хотя бы из-за необходимости использовать более сложные редукторы), и надежность их из-за наличия двух бабок не всегда высока.

Если все изложенное учесть, то становится ясно, почему, несмотря на более простую наладку, колесофрезерные станки и колесотокарные в практике ремонта колесных пар почти равноправно конкурируют. Но возникает ясность и другого рода: те и другие станки в настоящее время следует совершенствовать. Разумеется, требуется совершенствовать не только станки, но и домкратное оборудование, и режущий инструмент, т.е. весь комплекс оборудования, необходимого для обработки колесных пар.

Сформулируем основные направления, по которым, по-видимому, должна идти дальнейшая разработка такого оборудования:

- создание механизмов вращения неприводных колесных пар, не использующих фрикционные устройства с роликами;

- упрощение конструкций колесотокарных станков с заменой двух суппортов одним;
- упрощение конструкции колесофрезерных станков с заменой двух фрезерных бабок одной;
- разработка более современного, чем существующий, режущего инструмента для колесотокарных и колесофрезерных станков;
- модернизация домкратных установок с заменой гидропривода электроприводом и совершенствование методик их применения.

Глава 2.

Разработка колесотокарных станков упрощенной конструкции

2.1. Разработка принципиальной схемы станка для обработки поверхностей катания приводных и не приводных колесных пар

Наиболее сложным и по важности первостепенным из перечисленных выше направлений является упрощение конструкций колесотокарных и колесофрезерных станков. Однако для создания достаточно простых, надежных и точных станков рассматриваемого назначения, так же как любых других металлорежущих станков, предварительно требуется решить вопрос о приемлемых принципах формообразующих движений их рабочих органов. Применительно к токарной обработке колесных пар это: главное движение, представляющее собой вращение колесной пары, и движение подачи — движение суппортов с режущим инструментом.

При обработке приводных колесных пар на колесотокарном станке без выкатки главное движение осуществляется двигателем локомотива через имеющуюся в составе тележки зубчатую передачу, а при обработке не приводных пар, как уже отмечалось, с помощью прижимных роликов, приводимых в действие собственным двигателем. Но поскольку применение прижимных роликов для придания вращения колесной паре было сочтено существенным недостатком из-за возможного проскальзывания, то возникает необходимость их замены элементом, который лишен этого недостатка. В качестве такого элемента целесообразно выбрать зубчатое колесо,

устанавливаемое на ось приводной пары перед обработкой. Оно должно быть разъемным, и его применение требует разработки оригинальной принципиальной схемы колесотокарного станка.

Указанная схема была разработана в двух вариантах.

Первый из них проиллюстрирован на рис. 20, а, б [17]. Этот вариант содержит собственно колесотокарный станок, состоящий из станины 1 с закрепленным на ней электродвигателем 2 и одним суппортом 3 с резцедержателем 4, устанавливаемым с возможностью перемещения резцедержателя параллельно и перпендикулярно оси пары 5 по соответствующим направляющим 6 и 7. Выходной вал электродвигателя 2 через редуктор 8 кинематически может быть связан с разъемным зубчатым колесом 9, состоящим из двух соединяемых болтами половин. Редуктор установлен на станине 1 станка с возможностью поворота и фиксации в плоскости, перпендикулярной оси пары 5. Для поворота использован клиновой механизм (рис. 20, б), закрепляемый на станине 1. Его клин 10 может перемещаться по дополнительной направляющей относительно станины винтом 11. На клин через еще одну дополнительную направляющую опирается корпус редуктора 8, поэтому при повороте винта редуктор будет тоже поворачиваться. Угол клина выбран из условия самоторможения пары «поверхность клина — поверхность корпуса редуктора», поэтому после поворота винта 11 положение редуктора 8 оказывается зафиксированным. При необходимости винт 11 может быть снабжен контргайкой. Для упрощения кинематической связи колеса 9 с редуктором 8, через который оно соединяется с электродвигателем 2, в корпусе редуктора должно быть выполнено окно, позволяющее при необходимости «довернуть» колесо последней ступени редуктора.

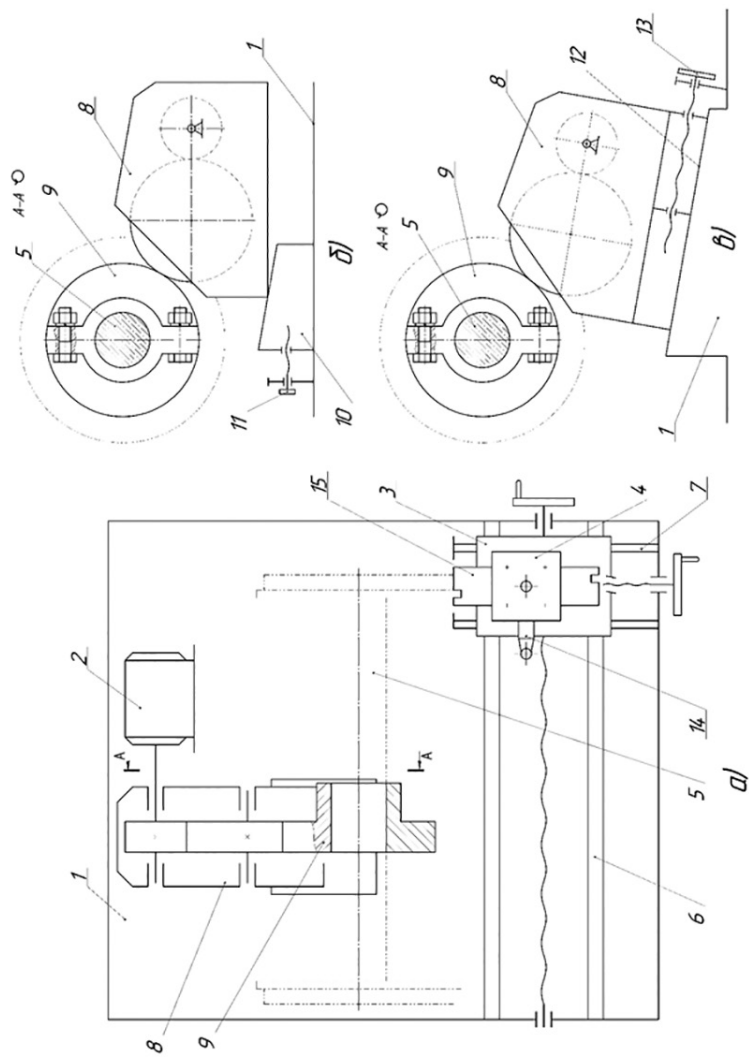


Рис. 20. Принципиальная схема колесотокарного станка: а), б) – первый вариант; а), в) – второй вариант.

Второй вариант станка (рис. 20, в) отличается от первого тем, что электродвигатель 2 с редуктором 8 установлен на станине 1 на одной дополнительной наклонной направляющей 12. Поворот редуктора для введения его выходного колеса в зацепление с колесом 9 не требуется, клиновой механизм также не нужен, и кинематическое соединение электродвигателя 2 через редуктор 8 с разъемным колесом 9 осуществляется путем прямолинейного перемещения двигателя 2 вместе с редуктором 8 по направляющей 12 с помощью винта 13. Винт выполнен самотормозящимся, поэтому после его поворота в нужное положение, так же как и в первом варианте, положение редуктора 8 будет зафиксировано. В случае необходимости, подобно предыдущему варианту, винт 13 также может быть снабжен контргайкой

В том и другом варианте собственно станок имеет лишь суппорт 3. Резцедержатель 4 на нем тоже один, но поворотный, поворачиваемый с последующей фиксацией на 90 и на 180 градусов. В резцедержателе предусмотрена установка одного резца 14 с круглой режущей пластиной и двух фасонных 15. Из последних первый должен быть выполнен с главной режущей кромкой, профиль которой повторяет профиль поверхности катания и гребня первого колеса колесной пары, а второй — с главной режущей кромкой, профиль которой должен повторять профиль аналогичных поверхностей второго колеса.

Использовать станки, построенные по первой или второй принципиальной схеме, можно практически одинаково. Если нужно обработать приводную колесную пару, то, выведя ее из соприкосновения с рельсами и придав ей вращение от тягового двигателя локомотива, нужно повернуть резцедержатель 4 в требуемое положение, а затем, перемещая суппорт 3 по направляющим 6 и 7 собственно станка (совершая движения подачи),

обработать одно колесо пары. После этого резцедержатель следует повернуть в другое положение и, перемещая суппорт, обработать второе колесо. При этом резцом 14 с круглой пластиной целесообразно производить черновую обработку, а фасонным 15 — чистовую. Для обеспечения точности обработки отсчет перемещения резцов можно вести по лимбам, которыми, что очевидно, должны быть снабжены механизмы продольной и поперечной подачи суппорта. Если же нужно обрабатывать неприводную колесную пару, то, выведя ее из соприкосновения с рельсами, на ее ось следует установить разрезное зубчатое колесо 9, после чего необходимо ввести с ним в зацепление последнее зубчатое колесо редуктора 8, перемещая редуктор вместе с двигателем 2, а затем остается включить двигатель 2 и провести обработку так же, как и приводной колесной пары.

2.2. Разработка механизма вращения неприводной колесной пары

Сравнивая варианты принципиальной схемы колесотокарного станка, нетрудно заметить, что первый вариант позволяет более точно, чем второй, настроить межосевое расстояние и необходимый боковой зазор в зацеплении зубчатого колеса 9 (рис. 20) и выходного колеса редуктора 8. А от них существенно зависит износ зубчатой передачи, т.е. ее надежность и долговечность. Между тем второй вариант по конструкции значительно проще и технологичнее, чем первый (во втором случае хотя бы число направляющих вдвое меньше, чем в первом). А это определяет общую надежность и долговечность станка. Учитывая это, при дальнейшей разработке колесотокарных станков предпочтение было отдано все-таки второму варианту принципиальной схемы.

При разработке механизма вращения неподвижной колесной пары принятая схема была реализована так, как показано на рис. 21. В соответствии с ним механизм был снабжен электродвигателем и редуктором, однако выполнены они были в виде единого узла — мотор-редуктора 1 марки МЧ-160-8-91,41 (табл. 6). Мотор-редуктор установлен на основании 2, а на его выходном валу 3 закреплено дополнительное зубчатое колесо 4, которое и должно входить в зацепление с разрезным колесом, устанавливаемым на оси пары. Параметры колеса 4 и разрезного зубчатого колеса приведены в табл. 7. Во избежание деформации изгиба вала 3 его хвостовик с помощью подшипника 5 закреплен в опоре 6, которая установлена на основании 2. Само же основание размещено на основании типа ласточкин хвост 7 на станине 8. Перемещение основания относительно станины осуществляется винтом 9 с маховиком 10. Винт установлен в подшипниковой опоре 11 с возможностью фиксации болтом 12. Несмотря на то что передача с винтом 9 сделана трапецеидальной и средний диаметр винта принят 29 мм, шаг — 6 мм, а углы наклона рабочей грани витка резьбы — 15°, болт 12 предусмотрен для повышения надежности фиксации.

Таблица 6. Технические характеристики
мотор-редуктора МЧ-160-8-91,41

Тип	Межосевое расстояние, мм	Передаточное число	Частота вращения выходного вала	Крутящий момент, Н·м	Масса, кг	Мощность, кВт
МЧ-160	160	8	91,41	1 932,78	205	18,5

Таблица 7. Параметры открытой зубчатой передачи привода вращения колесной пары

Параметр	Обозначение параметра	Шестерня	Разрезное зубчатое колесо
Модуль	m	5	
Число зубьев	Z	30	96
Угол наклона зуба	β	0°	
Нормальный исходный контур	–	ГОСТ 13755-81	
Коэффициент смещения	x	0	
Степень точности по ГОСТ 1643-81	–	7-B	
Делительный диаметр	d	150	480

Для обеспечения работоспособности механизма вращения нужно, чтобы колесо 4 гарантированно сцеплялось с разрезным (рис. 22), а для этого необходимо, чтобы угол наклона α направляющих находился в пределах

$$\alpha_{min} = \arctg \frac{L_2 - R - r}{L_1} < \alpha < \arctg \frac{L_1 - R - r}{L_2} = \alpha_{max} \quad (1)$$

где L_1 — расстояние от точки самого нижнего положения центра вала 3 до оси колесной пары по горизонтали, L_2 — расстояние от центра оси колесной пары до точки самого нижнего положения центра вала 3 по вертикали, R и r — радиусы делительных окружностей, соответственно, разрезного зубчатого колеса и колеса 4.

Как показывают расчеты, наиболее приемлемы

$$\alpha_{min} = 32.92^\circ, \alpha_{max} = 107.07^\circ$$

При проектировании рассматриваемого механизма угол α был принят равным 35°, и этим условие (1) было выполнено. Но наряду с этим потребовалось выполнение

и еще одного условия: мощности мотор-редуктора 1 должно быть достаточно для ведения обработки колесной пары, но она не должна создавать прокручивание разрезного колеса на оси пары. В связи с этим в процессе разработки механизма потребовалось указанную мощность рассчитать и проверить правильность выбора мотор-редуктора.

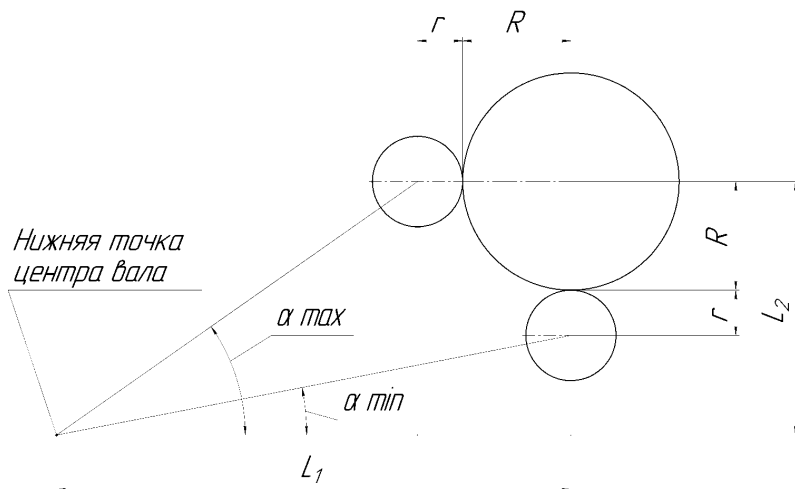


Рис. 22. Схема определения угла наклона направляющих.

Для расчета удобно применить известные формулы:

для определения мощности резания — $N_p = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 120}$, (2)

где: P_z — сила резания в Н,

v — скорость резания в м/мин;

для определения частоты вращения обрабатываемого колеса в об/мин — $n = 1000 \frac{v}{\pi \cdot D}$ (3)

где: D — наибольший диаметр профиля обрабатываемого колеса в мм;

а для вычисления силы резания в Н —

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_y \cdot v^n \cdot K_p \quad (4)$$

где: C_p — коэффициент, зависящий от вида обработки,
 K_p — поправочный коэффициент,
 t и S — глубина резания в мм и подача в мм/об,
 x, y, n — некоторые эмпирические величины [18].

Найдем допустимую силу P_z . Воспользуемся для этого схемой на рисунке 23, где 1 — разрезное колесо, устанавливаемое на оси 2 колесной пары и стягиваемое болтами 3, а 4 — колесо обрабатываемой колесной пары. Пусть сила затяжки одного болта равна F_3 .

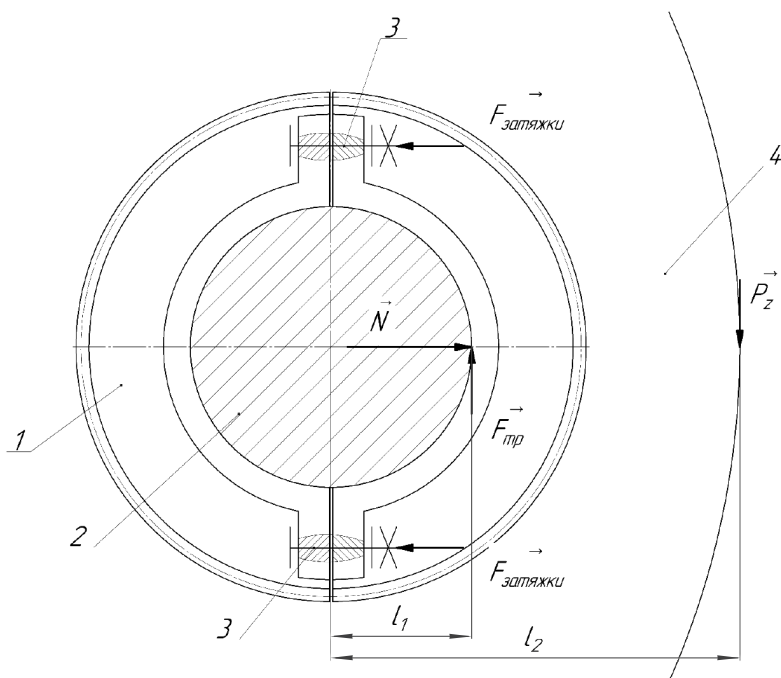


Рис. 23. Расчетная схема для определения P_z

Тогда сила трения на поверхности сопряжения колеса и оси есть — $F_{тр} k \cdot F_3 \cdot \mu$ (5)

где: k — количество болтов в соединении колеса с осью,

μ — коэффициент трения скольжения, и момент этой силы трения будет равен

$$M_{mp} = F_{mp} \cdot l_1 = k \cdot F_3 \cdot \mu \cdot l_1 \quad (6)$$

где: l_1 — радиус оси колесной пары.

Если силу F_3 выразить через момент M_3 затяжки болта —

$$M_{mp} = k \cdot \frac{M_3}{d} \cdot l_1, \quad (7)$$

где: d — наименьший диаметр резьбы болта.

Колесо 1 не будет проворачиваться на оси, если

$$P_z \cdot l_2 \leq k \cdot \frac{M_3}{d} \cdot l_1$$

или

$$P_z \leq k \cdot \frac{M_3}{d} \cdot \frac{l_1}{l_2}, \quad (8)$$

где: l_2 — максимальный радиус обрабатываемого колеса, м.

Согласно данным [18], при токарной обработке, подобной рассматриваемой в формуле 4, $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0.75$, $n = -0.15$, $K_p \approx 1$. В соответствии с рекомендациями фирмы SANDVIK «Точение железнодорожных колес. Точение новых и переточка изношенных колес» [19], при восстановлении профиля колес, изготовленных из материалов и по технологиям, описанным в гл. 1, оптимальная скорость v соответствует (90...100) м/мин или в среднем 95 м/мин, а подача S — 1.2...1.4 мм/об или в среднем 1,3. Подставив эти данные в формулу (8), получим выражение

$$t \cdot A \leq \frac{M_3}{d} \cdot B,$$

где: $B = k \cdot \frac{l_1}{l_2}$, $A = 10 \cdot C_p \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$.

Как показывает анализ возможных вариантов, для закрепления разрезного зубчатого колеса на оси колесной пары целесообразно использовать болты М16 повышенной прочности класса 10.9 с гайкой класса 10 (рис. 24), соответствующие ГОСТ 1759.0–87, у которых $d_{ном} = 16$ мм. Опираясь на нормативные материалы РД 37.001.131–89, найдем для них $M_3 = 290$ Н·м.

Тогда условие непрочувствования колеса 1 на оси 2 будет выглядеть как — $t \leq \frac{M_3}{d} \cdot \frac{B}{A}$,

$$\frac{B}{A} = \frac{k \cdot \frac{l_1}{l_2}}{10 \cdot C_p \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p},$$

$$\frac{B}{A} = \frac{4 \cdot \frac{86 \text{ мм}}{506,5 \text{ мм}}}{10 \cdot 300 \cdot 1,3^{0,75} \cdot 95^{-0,15} \cdot 1} = 3,68 \cdot 10^{-4}.$$

Расчет показывает, что при заданных выше параметрах: $M_3 = 290$ Н·м, $d = 13,546$ мм, $B = 0,6792$, $A = 1844,6766$ — допустимая величина глубины резания, при которой будет исключено проворачивание разрезного зубчатого

колеса, равна — $t \leq \frac{290 \text{ Н} \cdot \text{м}}{13,546 \text{ мм} \cdot 10^{-3}} \cdot 3,68 \cdot 10^{-4} = 7,88 \text{ мм}$.

$$\text{В то же время } P_z \leq \frac{M_{mp}}{l_2},$$

где: l_2 — максимальный радиус обрабатываемого колеса, м.

$$M_{mp} = 4 \cdot \frac{290 \text{ Н} \cdot \text{м}}{13,546 \text{ мм} \cdot 10^{-3} \cdot 0,16} \cdot 0,16 \cdot 0,86 \text{ м} \cdot 10^{-3} = 7364,54 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$P_z \leq \frac{7364,54 \text{ Н} \cdot \text{м}}{506,5 \text{ мм} \cdot 10^{-3}} = 14540,06 \text{ Н} \cong 14,54 \text{ кН}$$

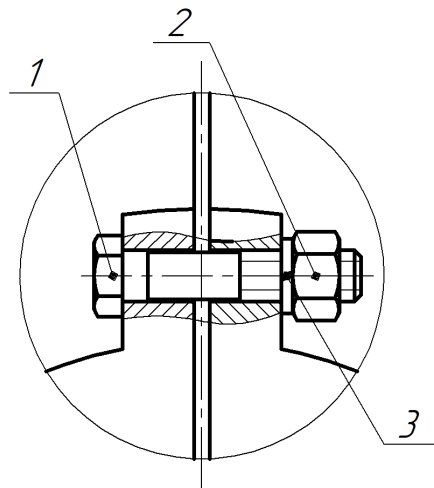


Рис. 24. Болтовое соединение разрезного зубчатого колеса:
1 – болт класса прочности 10.9, 2 – гайка класса прочности 10,
3 – пружинная шайба.

Зная v , S и t , по формулам 1 и 8 далее нужно определить мощность резания N_p , а по ней и требуемую мощность мотор-редуктора N_{mr} :

$$N_{mr} = \frac{N_p}{\eta},$$

где: η — КПД передачи, связывающей электродвигатель с разрезным колесом.

Поскольку в эту передачу входят закрытая червячная пара с КПД, равным $\eta_{\text{ч}} = 0.85$ [20], закрытая зубчатая передача с КПД, равным $\eta_{33} = 0.98$ [20], открытая зубчатая передача, КПД которой равен $\eta_{\text{оз}} = 0.98$ [20], а также пять подшипников (два в опорах червяка и три в опорах выходного вала редуктора) с $\eta_{\text{п}} = 0.99$, то

$$\eta = \eta_{\text{ч}} \cdot \eta_{33} \cdot \eta_{\text{оз}} \cdot \eta_{\text{п}}^2$$

$$\eta = 0.85 \cdot 0.98 \cdot 0.98 \cdot 0.99^2 = 0.80.$$

По формуле (3) вычислим требуемое, а затем сравним его с аналогичным параметром выбранного мотор-редуктора, связанного с разрезным колесом.

$$n = 1000 \frac{95 \text{ м/мин}}{\pi \cdot 985 \text{ мм}} = 30.70 \text{ об/мин.}$$

Поскольку частота вращения выходного вала мотор-редуктора равна $n_{\text{мп}} = 91.41$ об/мин (табл. 6), а передаточное число i открытой зубчатой передачи, как видно из рисунка 22 и таблицы 7, равно $1/3.15$, то необходимо провести дополнительный расчет фактического значения частоты вращения оси колесной пары по следующему соотношению:

$$n_{\text{мп}} = 91.41 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \cdot \frac{1}{3.15} = 29.02 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

С учетом этого

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ — фактическое значение скорости резания,}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 985 \text{ мм} \cdot 29.02 \text{ об/мин}}{1000} = 89.80 \text{ м/мин,}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 5 \cdot 1.3^{0.75} \cdot 89.80^{-0.15} \cdot 1 = 9\,301.59 \text{ Н,}$$

$$N_{\text{мп}} = \frac{9.30 \text{ кН} \cdot 89.80 \text{ м/мин}}{60 \cdot 1020} \cdot \frac{1}{0.80} = 17.06 \text{ кВт} \cong 18.5 \text{ кВт.}$$

Отсюда следует, что мотор-редуктор по мощности, да и по частоте вращения выходного вала, при разработке механизма вращения колесной пары выбран верно.

2.3. Разработка конструкции собственно станка с ручным управлением

В то время как разработанный механизм вращения колесной пары требуется при обработке лишь

неприводных колесных пар, описываемый ниже собственно станок (рис. 25) ориентирован на обработку как неприводных, так и приводных колесных пар. Основным элементом этого станка является типовой суппорт 1 (рис. 26) с установленным на нем резцедержателем 2. Суппорт 1 устанавливается непосредственно на направляющие 3 станины 4, выполненные заодно с последней.

Установочное перемещение суппорта 1 осуществляется поворотом маховика 5 (рис. 25), который кинематически связан с ходовым винтом 6, устанавливаемым в подшипники (не показаны), а подшипники, в свою очередь, — непосредственно на станину 4. Винт 6 кинематически связан с суппортом 1 при помощи гайки 7, которая устанавливается в соответствующее отверстие суппорта 1.

Поперечные перемещения выполняются аналогично установочным: ходовой винт поперечных перемещений 8 находится в жесткой связи с рукояткой 9, вращением которой суппорт 1 перемещается относительно своего основания по направляющим типа ласточкин хвост (не показаны). Кинематическая связь винта 8 и суппорта 1 выполнена с помощью гайки 10. Осевая нагрузка на ходовой винт 8 воспринимается подшипниками 11, ходовой винт 8 и рукоятка 9 соединены штифтом 12.

Фиксация резцедержателя осуществляется с помощью прижимного механизма, который включает в себя резцедержатель 2, винт 13, пружину 14, шайбу 15 и рукоятку 16. В действие механизм приводится поворотом рукоятки 16, которая увеличивает или уменьшает затяжку винта. Дополнительный натяг осуществляется пружиной 14, которая предотвращает ослабление момента затяжки винта до такой степени, при которой был бы возможен контакт винта 13 и винта поперечных перемещений 8. Поворот резцедержателя происходит относительно оси винта, для снижения нагрузки в конструкцию включена шайба 15, которая устанавливается с винтом соосно.

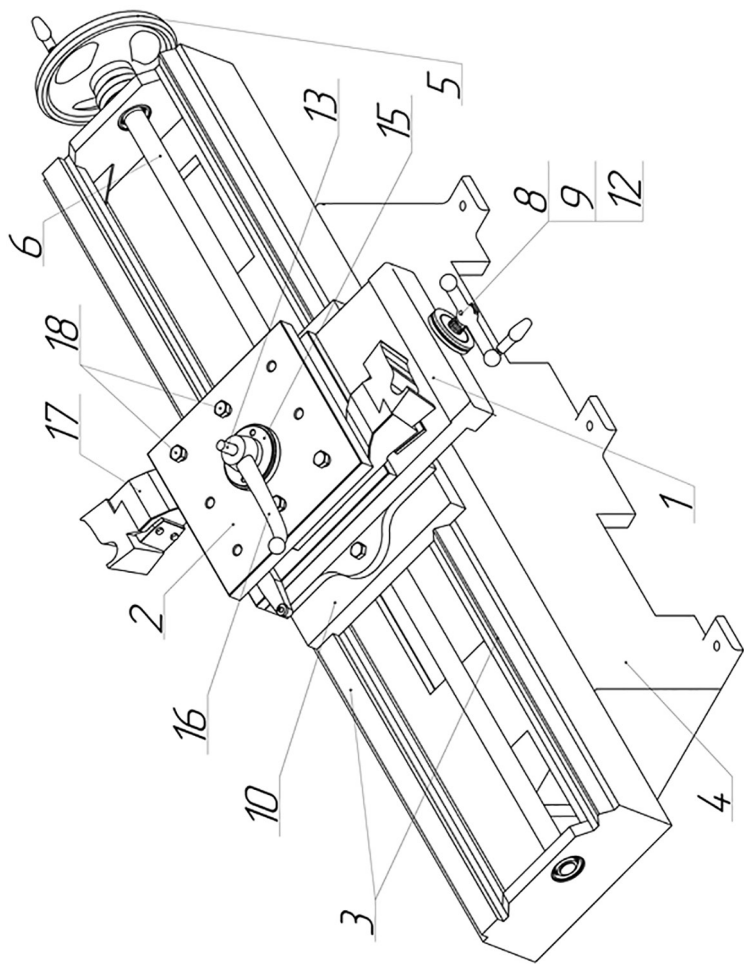


Рис. 25. Общий вид станка с ручным управлением.

Выбор конкретного положения (одного из четырех) выполняется двумя подпружиненными шариками, которые в нужном положении западают в выполненные на основании суппорта 1 глухие отверстия. Затяжка державки 17 в резцедержателе 2 осуществляется двумя винтами 18.

Кроме всего прочего, при проектировании станка был определен ряд требований, на основании которых была разработана конструкция станка. К таковым, например, относятся: простота непосредственно самой конструкции, простота сборки и монтажа на рабочем месте, технологичность, высокая жесткость и легкость обслуживания.

Чтобы обеспечить технологичность производства станка, его станина (рис. 27) выполнена сварной. Для снижения габаритов станка и удобства удаления стружки верхняя часть станины 1 наклонена под углом 20° . Соединение двух частей станины верхней части 1 и П-образной рамы 2 выполнено посредством ребер жесткости 3 треугольной формы. Также с целью повышения жесткости в опорной части станины привариваются ребра жесткости 4.

Станина станка должна воспринимать эксплуатационные нагрузки. С целью подтверждения выполнения этого требования был проведен расчет, учитывающий силу резания, возникающую в процессе обработки профиля колесной пары. Стоит отметить, что достаточным можно считать расчет жесткости станины, поскольку такой расчет позволяет выполнить анализ способности конструкции станины сохранять размеры и форму под действием сил резания или деформироваться в допустимых пределах. Также расчет на устойчивость был проведен для винта поперечной подачи, что обусловлено тем, что, например, при чистовой обработке съем стружки производится по всей поверхности катания, что, в свою очередь, приводит к значительным осевым нагрузкам.

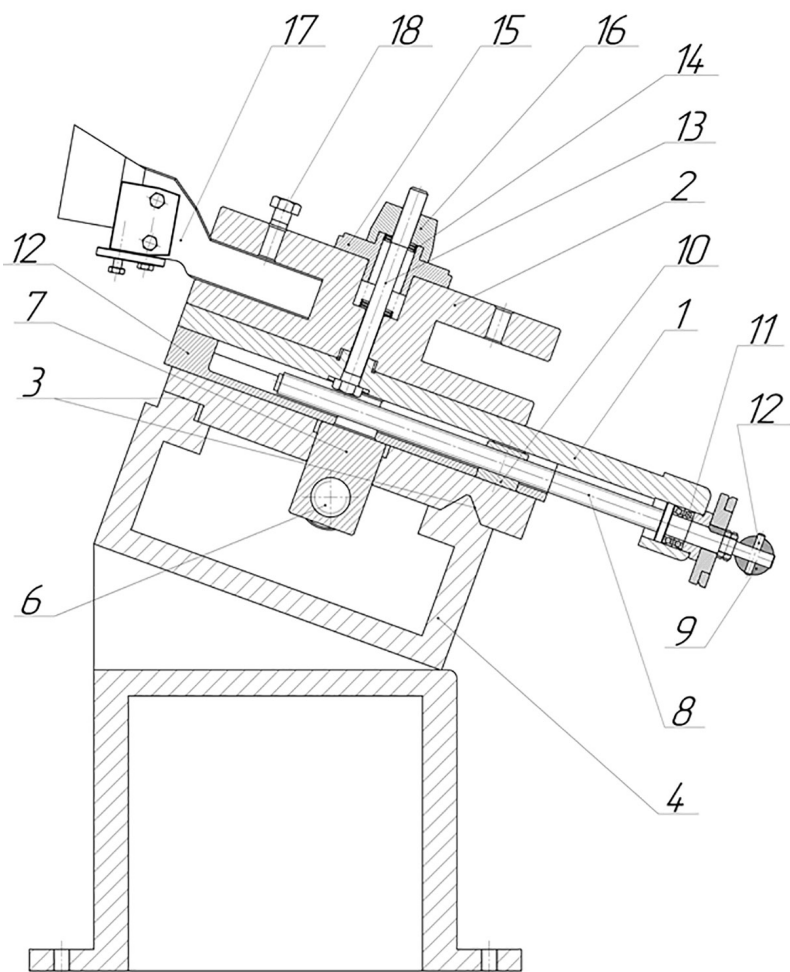


Рис. 26. Станок с ручным управлением в разрезе.

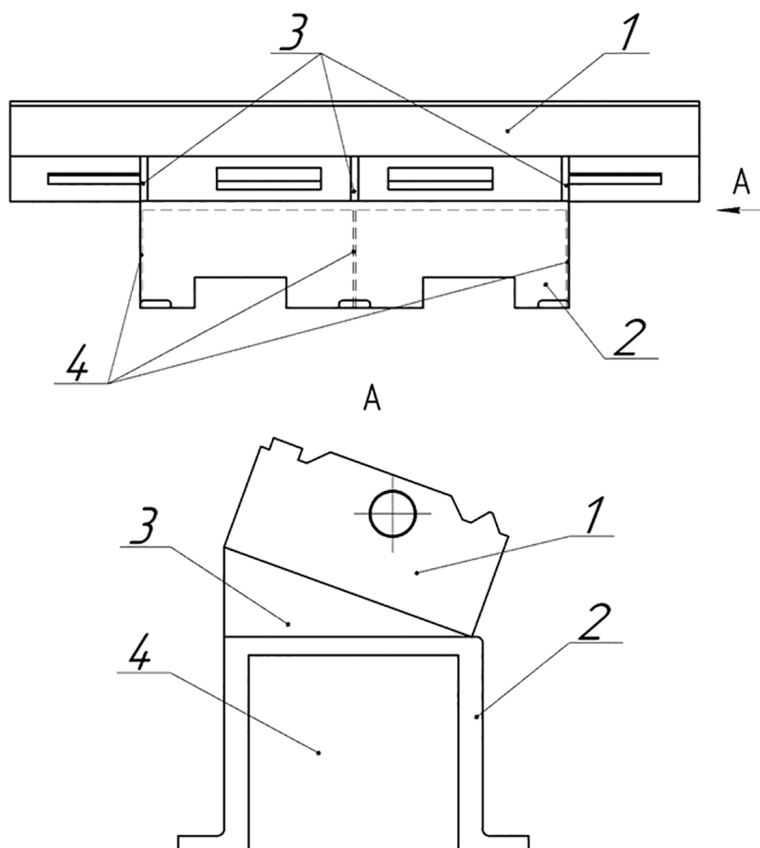


Рис. 27. Конструкция станины.

Для расчетов жесткости станины и устойчивости ходового винта использованы CAE (Computer-aided engineering) Solidworks и ее модуль Solidworks Simulation, который позволяет произвести сложные математические вычисления моделей геометрически точных тел посредством математического аппарата, основанного на численных методах решения дифференциальных уравнений; другими словами, для расчета применен метод конечных элементов (МКЭ).

Расчет жесткости станины

Для того чтобы выполнить расчет результирующих перемещений станины под действием силы резания, была составлена расчетная схема (рис. 28). Нагрузка прилагается к продольным направляющим станка. Материал станины — сталь Ст3 ГОСТ 380–2005. Длина, на которой действует сила резания в направлении, перпендикулярном плоскости, принята равной ширине основания суппорта и равна 600 мм.

В качестве внешней нагрузки принята сила резания. При обработке фасонным резцом сила резания может быть разложена на две проекции — P_z и P_y , значения P_z известны (п. 2.2). Таким образом, $P_z = 14.54$ кН, тогда как P_y может быть рассчитана из следующего соотношения [18]:

$$P_y = (0.4...0.5) \cdot P_z,$$

тогда при среднем значении коэффициента, равного 0.45,

$$P_y = 0.45 \cdot 14.54 \text{ кН} = 6.54 \text{ кН}.$$

Результирующая сила резания $P_{рез}$ будет равна

$$P_{рез} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2},$$

$$P_{рез} = \sqrt{6.54^2 + 14.54^2} \text{ кН} = 15.94 \text{ кН}.$$

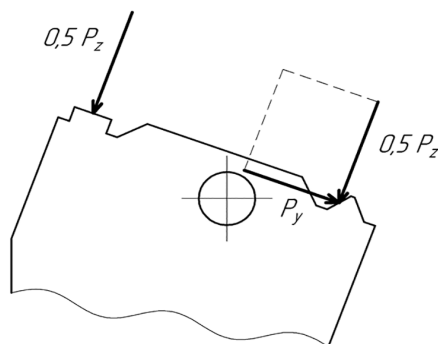


Рис. 28. Схема для проведения расчета жесткости.

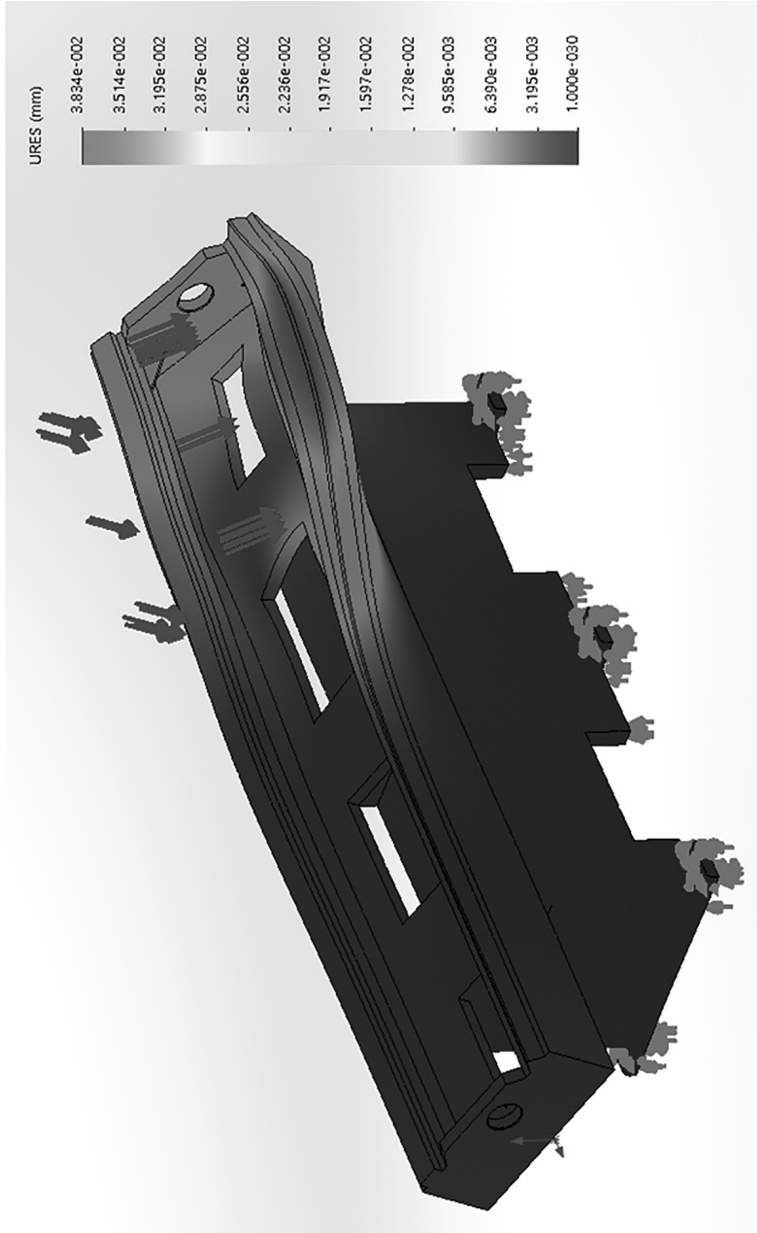


Рис. 29. Этюра перемещений станины под действием силы резания.

Результат расчета (рис. 29) показал, что максимальные упругие перемещения на размере 430 мм составляют 0,0038 мм, отношение этих величин равно $11,3 \cdot 10^4$, а это значит, что значения перемещений ничтожно малы. Такие перемещения являются допустимыми:

$$\Delta = 0.0038 \text{ мм} \ll 430 \text{ мм}$$

Расчет сварных швов станины

Основная нагрузка также воспринимается опорными элементами станины. Поскольку станина выполнена сварной, наиболее опасными являются сечения сварных соединений, а именно крайних ребер жесткости 3 (рис. 27) в местах соединения их с П-образной рамой 2.

Расчет выполнен по методике, указанной в [21], при этом условие прочности сварных швов имеет вид:

$$\tau_{max} = \tau_M + \tau_p \leq [\tau],$$

где: τ_{max} — касательные напряжения, возникающие под действием нагрузки,

τ_M — касательные напряжения, возникающие от действия момента,

τ_p — касательные напряжения, возникающие от действия силы резания,

$[\tau]$ — допустимые касательные напряжения.

Действием момента можно пренебречь, поскольку суппорт устанавливается непосредственно над ребром жесткости, то есть величина момента ничтожно мала. Тогда условие прочности сварного шва примет вид:

$$\tau_{max} = \tau_p \leq [\tau],$$

$$\tau_p = \frac{P}{0.7 \cdot k \cdot (2l\phi + l_n)},$$

где: $P = P'_y \pm 2 \cdot P'_z$ — действующая сила,

P'_y — проекция силы P_y на горизонтальную ось в плоскости (рис. 29),

P'_z — проекция силы P_z на горизонтальную ось в плоскости (рис. 29),

k — величина катета сварного шва,

l_ϕ — длина флангового шва (рис. 30),

l_l — длина лобового шва (рис. 30).

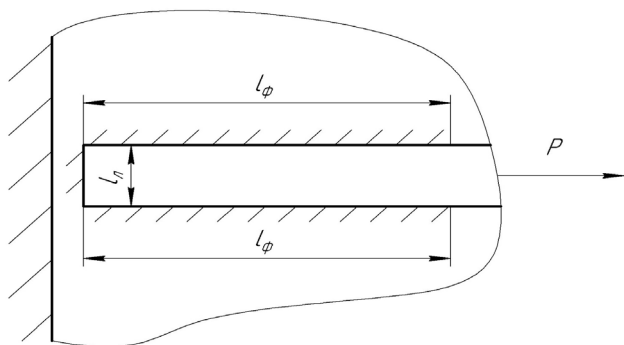


Рис. 30. Расчетная схема сварного шва.

Подставив числовые значения в условие прочности сварного шва, получим:

$$\tau_p = \frac{(60.52 - 2 \cdot 24.86) \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \frac{1}{3}}{0.7 \cdot 8 \text{ мм} \cdot (2 \cdot 350 \text{ мм} + 0 \text{ мм})} = 0,92 \text{ МПа}.$$

Допустимая нагрузка, согласно [21], равна

$$[\tau] = 0.6 \cdot \sigma_T$$

где: σ_T — предел текучести (принят по ГОСТ 535–2005);

$$[\tau] = 0.6 \cdot 225 \text{ МПа} = 135 \text{ МПа}.$$

Условие прочности сварных швов от действия сил резания выполняется:

$$0.92 \text{ МПа} < 135 \text{ МПа}.$$

Расчет устойчивости ходового винта поперечной подачи

Целью анализа устойчивости винта поперечной подачи является определение критической нагрузки и сравнение ее с действительной осевой нагрузкой, возникающей во время обработки профиля колесной пары фасонным резцом. В ходе исследования максимальную критическую нагрузку определяют по полученному коэффициенту нагрузки.

При обработке колесной пары на винт поперечной подачи действует осевая нагрузка, обусловленная врезанием инструмента в материал колеса. Осевая нагрузка, в общем случае, определяется в долях от силы резания. Сила резания P_z определена ранее (п. 2.2.): $P_z = 14.54$ кН. В качестве допущения принято, что внешняя нагрузка P_y приложена к торцу винта. Такое действие внешней силы является наиболее неблагоприятным. Фиксация винта произведена по цилиндрической поверхности наибольшего диаметра и по прилегающей к ней торцевой поверхности, при этом осевая нагрузка равна

$$P_o = P_y = 6.54 \text{ кН.}$$

Анализ устойчивости ходового винта поперечной подачи позволил определить коэффициент нагрузки k , равный 3.461, данный коэффициент характеризует запас устойчивости винта и, соответственно, позволяет определить критическую нагрузку. Тело имеет критическую нагрузку, рассчитанную по формуле:

$$F_{кр} = P_o k = 6.54 \text{ кН} \cdot 3.461 = 22.63 \text{ кН.}$$

При приложении нагрузки 6540 Н винт сохранил форму устойчивости. Максимальная результирующая амплитуда (рис. 31) составляет $7.744 \cdot 10^{-3}$. Чтобы обеспечить работоспособность конструкции, необходимо, чтобы

осевая составляющая силы резания не превышала $F_{кр}$.
Условие сохранения устойчивости выглядит следующим образом:

$$F \leq F_{кр}$$

Условие выполняется, устойчивость винта поперечной подачи под рабочей нагрузкой обеспечена.

Расчет устойчивости ходового винта продольных перемещений

При расчете на устойчивость ходового винта поперечных перемещений методика расчета совпадает с той, что описана в п. 2.3. Однако внешняя нагрузка будет отличаться. Поскольку винт предназначен для установочных перемещений, то во время работы он будет воспринимать лишь нагрузку, требуемую для преодоления силы трения, чтобы переместить стол с суппортом в продольном направлении. Осевая нагрузка будет соответствовать величине силы трения, поэтому определить ее значение можно по формуле:

$$F_{тр} = N \cdot \mu,$$

где: N — сила реакции опоры, μ — коэффициент трения.

При этом силу реакции опоры можно определить по следующей формуле:

$$N = \sum_{i=1}^n m_i g,$$

где m_i — масса i -го компонента узла,

g — ускорение свободного падения, $g = 9.8 \text{ Н/кг}$.

$$N = 387 \text{ кг} \cdot 9.8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 3792.6 \text{ Н}$$

$$F_{тр} = 3792.6 \text{ Н} \cdot 0.16 = 606.82 \text{ Н}$$

На расчетной схеме найденная сила приложена к торцу винта — как гипотетический наиболее опасный

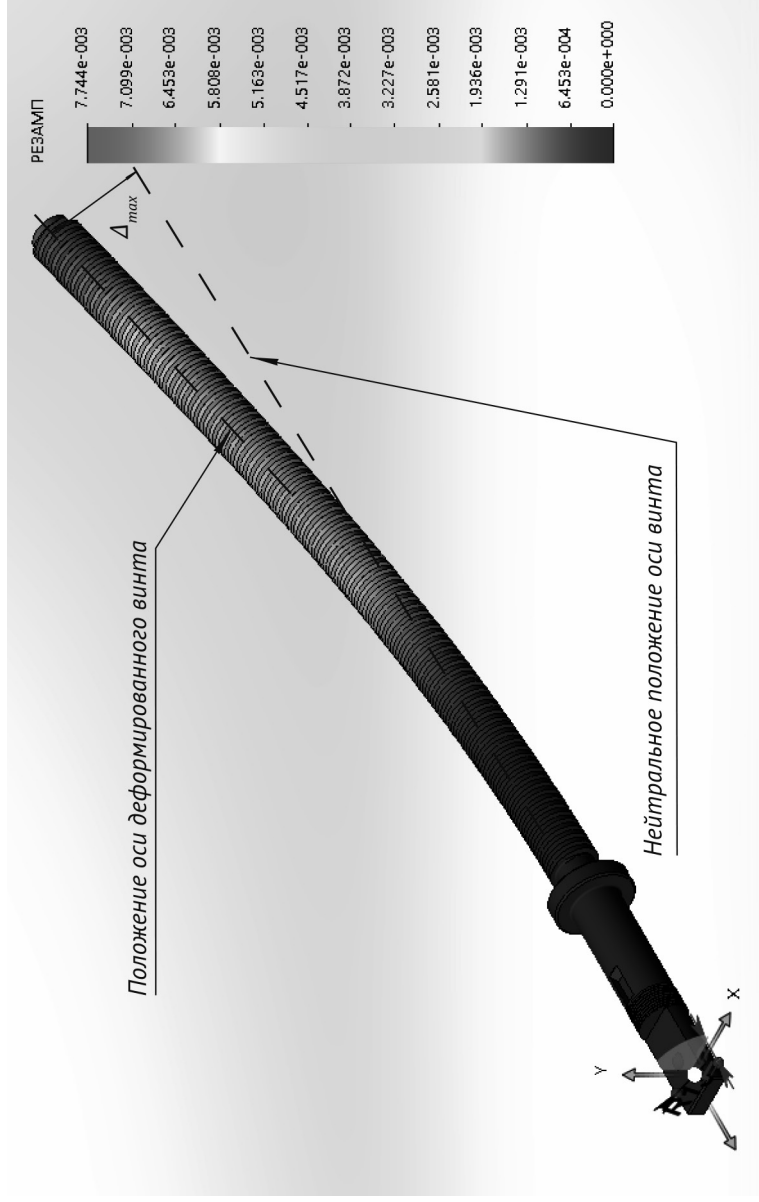


Рис. 31. Результирующее перемещение винта поперечной подачи при потере устойчивости.

вариант приложения нагрузки при максимально выдвинутом суппорте, а фиксация винта произведена по двум цилиндрическим (места установки подшипников) и торцевой поверхностям. Критическая нагрузка рассчитана по ранее упомянутой формуле:

$$F_{кр} = P_0 \cdot k,$$

$$F_{кр} = 606.820 \text{ Н} \cdot 37\,916 = 2.3 \cdot 10^7 \text{ Н}.$$

Условие устойчивости выполняется. Значение коэффициента нагрузки достаточно велико. Тем не менее такой запас устойчивости выбран намеренно для дальнейшего расширения возможностей станка.

Инструмент для обработки профиля колесной пары

Восстановление профиля в большинстве случаев производится инструментом, стойкость которого относительно низкая. Причина, что очевидно, в применяемых материалах. К таким материалам относятся, например, твердые сплавы, в частности ВК8. При применении разработанного оборудования обработка производится проходным и фасонным резцами. Для черновой обработки применяется проходной резец с круглой пластиной, для чистовой — фасонный твердосплавный резец. Проходной резец (рис. 32), которым производится черновая обработка, состоит из державки, сменной пластины типа RCMX или RCMM, винта и пружины, которая необходима для создания требуемого натяга и исключения отвинчивания винта в процессе обработки. Согласно данным <http://www.primex-ural.ru> (ООО «ПРИМЭКС-УРАЛ»), такие пластины круглой формы производят из сталей TC40PT или TP40AM, подходящих для обработки материалов колесных пар. Для обработки колесных пар также могут применяться пластины компании SANDVIK из марок сталей GC4215 для обработки сталей, GC3015 для обработки чугуна или же GC4325, которые подходят для обработки как стали, так и чугуна.

Указанные выше материалы позволяют обеспечить более высокую стойкость инструмента, что является очевидным достоинством их применения.

Тип пластины выбран ввиду того, что круглая пластина имеет более высокий ресурс. Это объясняется самой ее формой, то есть при критическом износе пластины в одном ее положении рабочему необходимо лишь ослабить винт и повернуть ее на определенный угол. Поскольку размер пластины ограничен обрабатываемым профилем поверхности катания, определен максимальный диаметр пластины (рис. 33), равный 26 мм, что подтверждает возможность применения пластин типов RCMX и RCMM.

Чистовая обработка производится фасонным резцом 1 (рис. 34), который крепится в державке 2 с помощью прихвата 3 и двух болтов 4. Регулировка резца по высоте осуществляется с помощью двух винтов, эти винты крепятся к пластине, которая устанавливается в нижней части державки.

Применение фасонного резца является наилучшим решением ввиду его высокой надежности и высокой точности. Резец изготавливается из твердого сплава Т14К8 ГОСТ 3882–74. Несмотря на то что стойкость инструмента, изготовленного из твердого сплава, относительно невысокая, применение его для производства фасонного резца экономически оправданно, а указанный недостаток не столь существен ввиду того, что фасонным резцом производится чистовая обработка профиля. Несмотря на указанные достоинства и недостатки, стоит отметить некоторые особенности его проектирования. Из-за наличия передних и задних углов у инструмента размеры профиля обрабатываемого колеса (рис. 35) не совпадают с соответствующими размерами профиля режущей кромки резца, и необходимо провести дополнительные расчеты. Расчету подлежат размеры профиля по высоте; осевые размеры у резцов с базой крепления, параллельной оси

обрабатываемой детали, не искажаются и переносятся с детали на профиль резца.

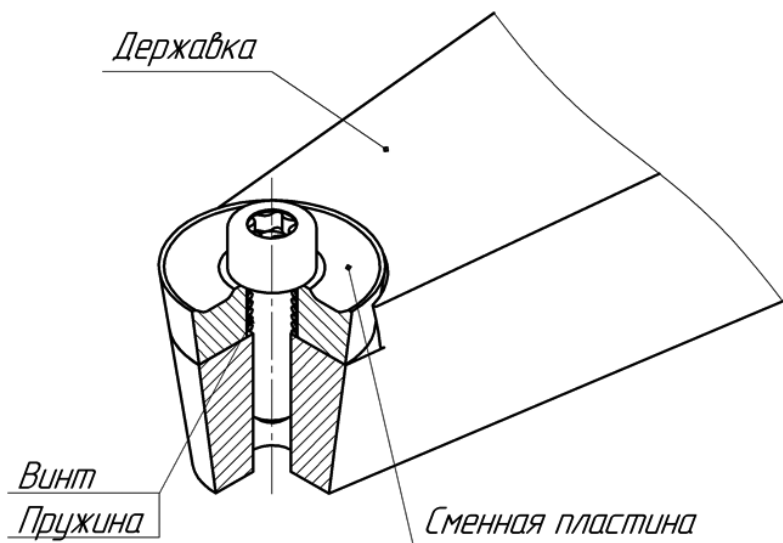


Рис. 32. Конструкция проходного резца с круглой пластиной.

Все размеры профиля обрабатываемой детали следует перевести в расчетные, то есть определить координаты расчетных точек детали в декартовой системе координат, одна из осей которой (Y) совпадает с осью детали, а вторая ось (X) проходит через точку профиля, наименее удаленную от оси обрабатываемой детали. Расчет выполнен по методике [22].

Поскольку размеры профиля резца (рис. 35) обрабатываемой детали должны учитывать погрешность обработки колесной пары, для расчетов размеров профиля резца принимаются размеры, соответствующие серединам полей допусков:

$$d_{ip} = d_i + \frac{\Delta B_i + \Delta H_i}{2}, \quad (9)$$

где: d_i — номинальный диаметр i -й точки;

$\Delta B_i, \Delta H_i$ — верхнее и нижнее предельные отклонения d_i соответственно.

Расчетная схема фасонного резца приведена на рисунке 35.

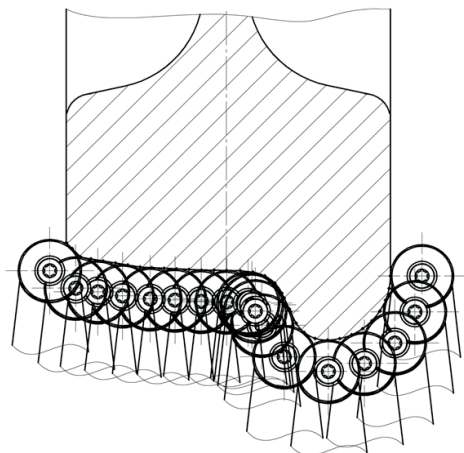


Рис. 33. Траектория движения проходного резца.

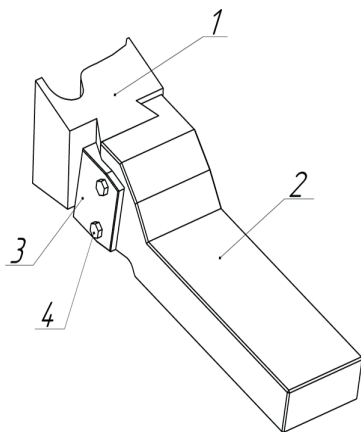


Рис. 34. Конструкция фасонного резца.

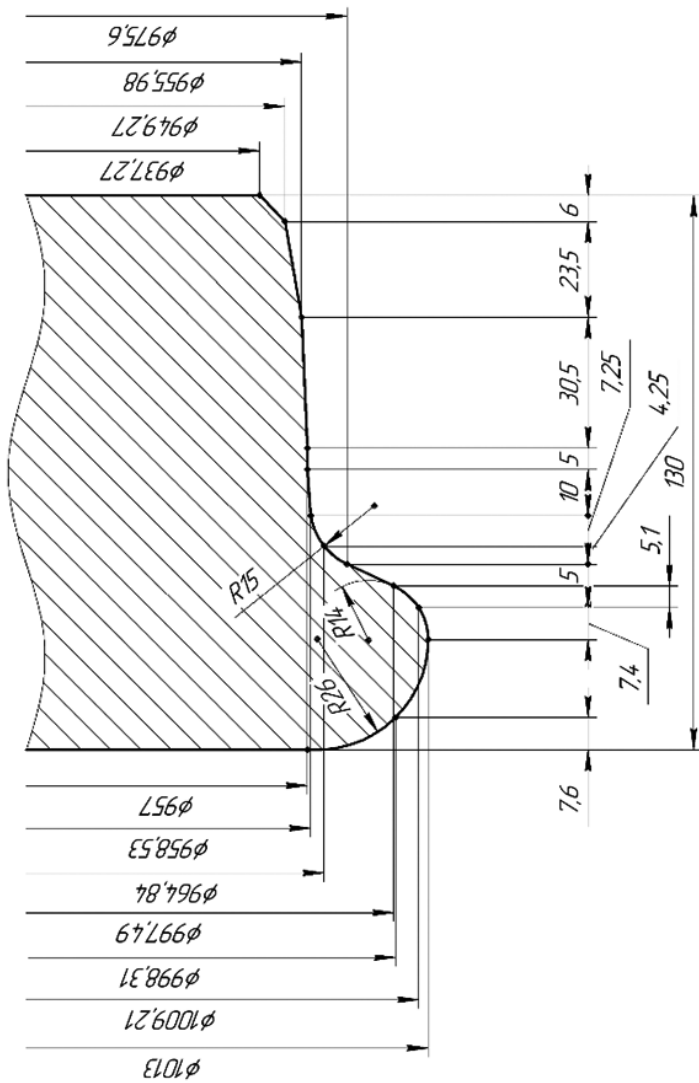


Рис. 35. Схема для расчета профиля резца.

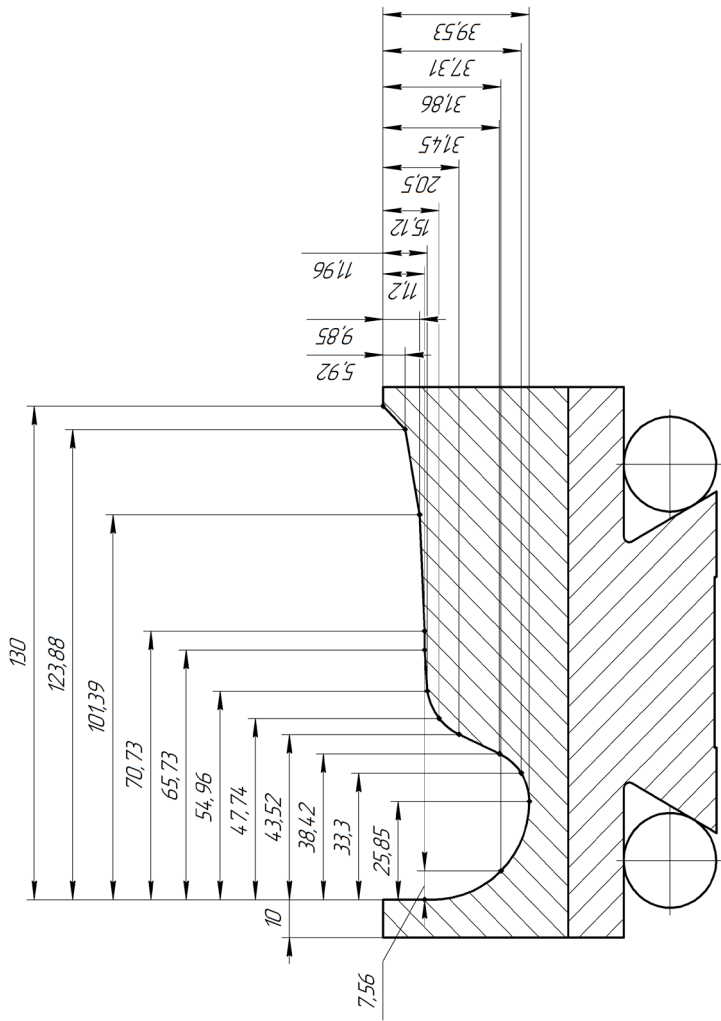


Рис. 36. Профилирование фасонного резца.

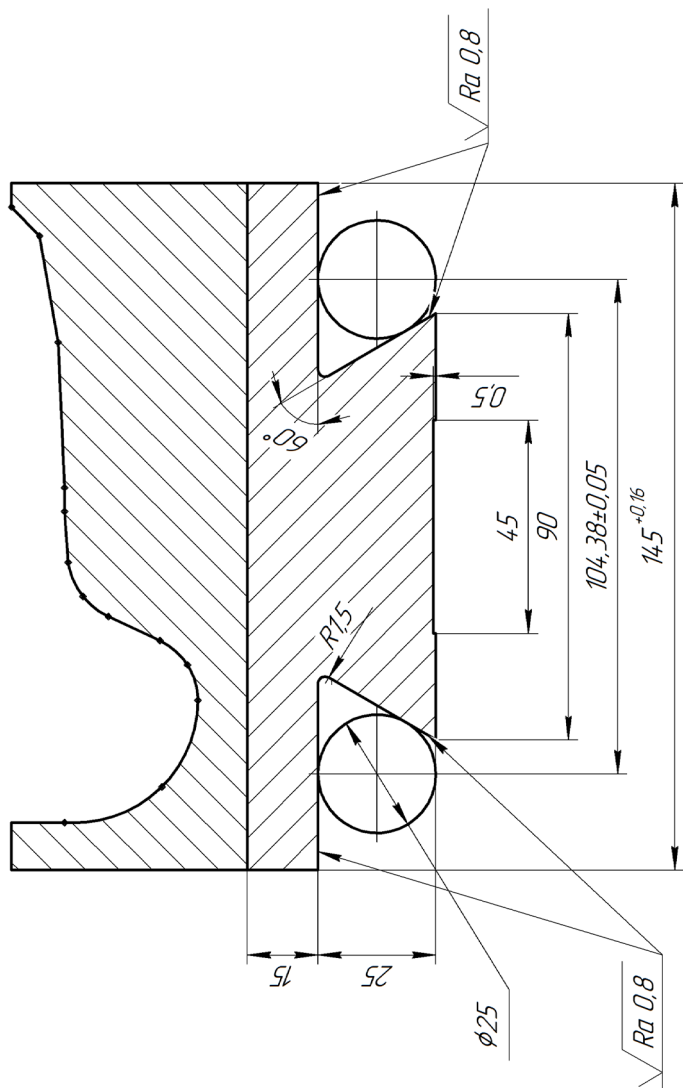


Рис. 37. Рабочий чертеж фасонного резца.

2.4. Разработка конструкции станка с числовым программным управлением

Механическая часть станка с ЧПУ

Несмотря на достоинства станков с ручным управлением, применение станков с числовым программным управлением для обработки колесных пар на сегодняшний день более перспективно, что обусловлено возможностью сокращения числа работников, участвующих в процессе обработки, и другими общеизвестными достоинствами ЧПУ.

В связи с этим на основе описанного выше станка с ручным управлением был разработан станок с ЧПУ (рис. 38). Механическая часть данного станка во многом повторяет ранее разработанный станок, при этом отличие заключается в том, что для продольной и поперечной подачи применяются шаговые двигатели 1 и 2, которые перемещают суппорт 3 по продольным 4 и поперечным направляющим.

Для обеспечения достаточно точной и безаварийной работы станка на его направляющих установлены конечные выключатели, а двигатели выбраны на основе расчета требуемого крутящего момента. В качестве конечных выключателей использованы бесконтактные датчики, способные работать в различных температурных условиях, а также в условиях возможного образования пыли и грязи, а именно датчики типа BALLUFF BME 405KF-PS-C-2A-EY-10. Они высоконадежны и удобно крепятся (рис. 39) в Т-образные пазы 1. Для их фиксации в нужном положении достаточно с небольшим усилием повернуть ключом 2 винт 3 с эксцентриковой головкой 4. Датчик 5 при таком креплении удобно отрегулировать по положению, что при наладке станка может оказаться необходимым.

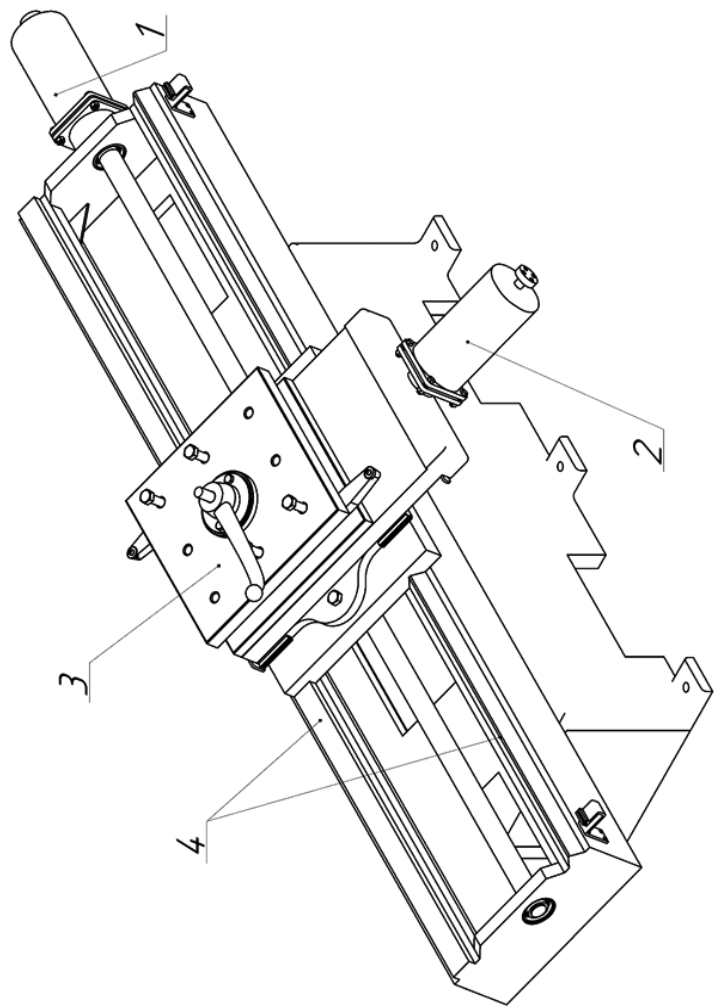


Рис. 38. Общий вид станка с ЧПУ.

Шаговые двигатели, как уже упоминалось, выбраны на основе расчета крутящего момента. Для определения последнего учитывались режимы разгона и торможения двигателя, а также необходимость обеспечения непрерывного процесса резания. С этой целью был проведен анализ затрат энергии при работе, для чего вначале было составлено уравнение баланса энергии (10): общая механическая энергия $A_{дв}$ равна сумме работ, затрачиваемых на передачу требуемого усилия, разгон и торможение двигателя и трение:

$$A_{дв} = \frac{A_1 + A_g + A_2 + A_3 + A_4}{\eta_{\Sigma}} \quad (10)$$

где: A_1 — работа силы резания, Дж;

A_g — работа силы тяжести, Дж;

A_2 — работа, затраченная на разгон/торможение винта, Дж;

A_3 — работа, затраченная на разгон/торможение винта, Дж;

A_4 — работа, затраченная на разгон/торможение двигателя, Дж;

η_{Σ} — суммарный коэффициент полезного действия ($\eta_{\Sigma} = 0,8$).

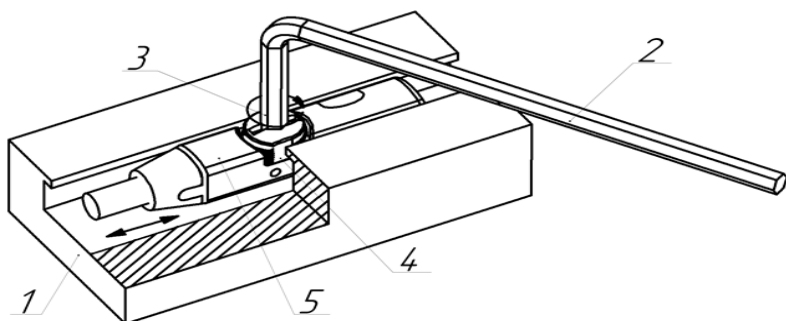


Рис. 39. Установка индуктивного датчика типа BALLUFF BME.

В качестве исходных данных взяты известные параметры станка с ручным управлением, а также требуемое усилие резания. Параметры приведены в таблице 6.

Таблица 6. Исходные данные для расчета требуемого крутящего момента

Параметр	Обозначение параметра	Величина
Требуемое усилие	$F_{\text{тр}} = P_z \cdot 0,25$	2,46 кН
Масса суппорта	m	387 кг
Диаметр ходового винта	$d_{\text{винта}}$	46 мм
Шаг ходового винта	$P_{\text{винта}}$	8 мм

Если по формулам с (11) по (27) выполнить промежуточные расчеты, то требуемый крутящий момент можно определить по формуле (28).

$$A_1 = F_{\text{тр}} \cdot P_{\text{винта}} \cdot \cos(\alpha), \quad (11)$$

где: $F_{\text{тр}}$ — требуемое усилие резания, Н,
 $P_{\text{винта}}$ — шаг винта, м,
 α — угол между вектором силы и направлением перемещения, градусы,

$$A_2 = F_{\text{суппорта}} \cdot P_{\text{винта}} \cdot \cos(\alpha), \quad (12)$$

$$F_{\text{суппорта}} = m_{\text{суппорта}} \cdot a, \quad (14)$$

где: $F_{\text{суппорта}}$ — сила, с которой перемещается суппорт, Н,
 $m_{\text{суппорта}}$ — масса суппорта, кг,
 a — ускорение суппорта, м/с².

С учетом этого

$$A_2 = m_{\text{суппорта}} \cdot a \cdot P_{\text{винта}} \cdot \cos(\alpha). \quad (15)$$

Величину A_3 можно определить как — $A_3 = J \frac{\omega^2}{2}$,

где: J — момент инерции относительно оси вращения, кг · м²,
 ω — угловая скорость, рад/с.

$$\text{Поскольку } J = \frac{m_{\text{винта}} \cdot d^2}{4}, \quad (17)$$

где: $m_{\text{винта}}$ — масса винта, кг,

d — диаметр винта, м.

$$\omega = \frac{2\pi}{t}, \quad (18)$$

где: t — время одного оборота винта, с

$$A_3 = \frac{m_{\text{винта}} \cdot d^2}{2} \cdot \frac{\pi^2}{t^2}. \quad (19)$$

Время одного оборота можно выразить через линейное ускорение и шаг винта:

$$a = \frac{P}{t^2}, \quad (20)$$

$$\text{тогда } \frac{1}{t^2} = \frac{a}{P_{\text{винта}}}, \quad (21)$$

$$A_3 = \frac{m_{\text{винта}} \cdot d^2}{2} \cdot \frac{\pi^2 \cdot a}{P_{\text{винта}}}. \quad (22)$$

Величина A_4 может быть найдена как

$$A_4 = F_{\text{ДВ}} \cdot S_{\text{ДВ}} \cdot \cos(\alpha), \quad (23)$$

где: $F_{\text{ДВ}}$ — усилие, необходимое для разгона/торможения двигателя, Н;

$S_{\text{ДВ}}$ — требуемое перемещение, м;

$$F_{\text{ДВ}} = \frac{M}{r}, \quad (24)$$

где: M — требуемый момент, Н·кг.

$$S_{\text{ДВ}} = 2\pi r. \quad (25)$$

В связи с тем, что

$$A_4 = 2\pi M, \quad (26)$$

$$A_{дв} = \frac{A_1 \pm A_g + A_2 + \frac{m_{винта} \cdot d^2}{2} \cdot \frac{\pi^2 \cdot a}{P_{винта}} + 2\pi M}{\eta_{\Sigma}}. \quad (27)$$

После проведения ряда преобразований была получена расчетная формула (28):

$$M = \frac{1}{2\pi\eta_{\Sigma}} \cdot \left(F_{суппорта} \cdot P_{винта} + m \cdot a \cdot P_{винт} + \left(\frac{m_{винта} \cdot d^2}{2} + J \right) \cdot \frac{\pi^2 \cdot a}{P_{винта}} \right). \quad (28)$$

Подставив в формулу (28) числовые значения, получим величину требуемого крутящего момента шагового двигателя продольной подачи:

$$M = \frac{1}{2\pi \cdot 0.8} \cdot \left(2.46 \text{ кН} \cdot 8 \text{ мм} + 387 \text{ кг} \cdot 20 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 8 \text{ мм} + \left(\frac{30 \text{ кг} \cdot 46 \text{ мм}^2}{2} + 0.006 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \right) \cdot \frac{\pi^2 \cdot 20 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}{8 \text{ мм}} \right) =$$

$$= 49.07 \text{ Нм}$$

Для обеспечения такого крутящего момента был выбран двигатель типа NEMA 51 FL130BYG-2503. На основании вышеуказанных вычислений проведен расчет двигателя для винта поперечной подачи, при этом в качестве исходных данных приняты значения таблицы 7. С целью унификации узлов станка для обеспечения поперечной подачи выбран такой же шаговый двигатель, что и для продольной.

Таблица 7. Исходные данные для расчета требуемого крутящего момента

Параметр	Обозначение параметра	Величина
Требуемое усилие	$F_{треб} = P_z \cdot 0,35$	3.44 кН
Масса суппорта	m	260.46 кг
Диаметр ходового винта	$d_{винта}$	26 мм
Шаг ходового винта	$P_{винта}$	5 мм

Система управления станка с ЧПУ

При построении системы ЧПУ разработанного станка был использован импульсно-шаговый принцип, реализованный так, как показано на рисунке 40. Получившаяся в результате система ЧПУ включает в себя пульт управления ПУ, контроллер и драйвер. Контроллер состоит из буферной памяти БП, рабочей памяти РП и линейного интерполятора ИНТ. Драйвер состоит из кольцевого коммутатора КК и усилителя мощности УМ.

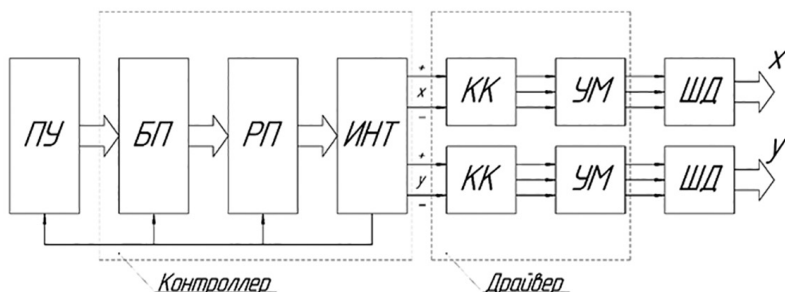


Рис. 40. Структурная схема системы ЧПУ.

Работа системы происходит следующим образом. Сначала производится черновая обработка профиля проходным резцом с круглой пластиной. Когда черновая обработка колес завершена, резцедержатель поворачивают в положение, при котором возможна чистовая обработка поверхности катания колесной пары, и производят обработку. Правильность профиля после обработки проверяют дополнительно по шаблону.

Для ввода программы в ПУ и последующей ее обработки контроллером может быть использована управляющая микро-ЭВМ NEWCARVE TC55H (рис. 41). Ее достоинствами являются относительно невысокая цена и возможность управления двухкоординатным перемещением суппорта (по осям x и z).

Для обработки профиля колесной пары с помощью применяемой системы требуется управляющая

программа. Для ее составления был выбран наиболее распространенный сегодня язык программирования — ISO 7-bit (G-code). Результатом явилась управляющая программа, представленная в таблице 8. Расчетная схема, принятая при программировании, представлена на рисунке 42.

Обработка этого профиля на станке с ЧПУ ведется последовательно от кадра N1 до N24, после чего выполняется сброс программы, и процесс может быть выполнен вновь. За время работы программы инструмент перемещается по четырнадцати ключевым точкам, при этом его траектория, с учетом коррекции на радиус пластины, повторяет профиль колеса. Таким образом выполняется обработка одного колеса; для обработки другого необходимо воспользоваться функцией устройства ЧПУ — выполнить копирование траектории движения проходного резца таким образом, чтобы получившийся профиль являлся зеркальным по отношению к первому.



Рис. 41. Управляющая микро-ЭВМ NEWCARVE TC55H.

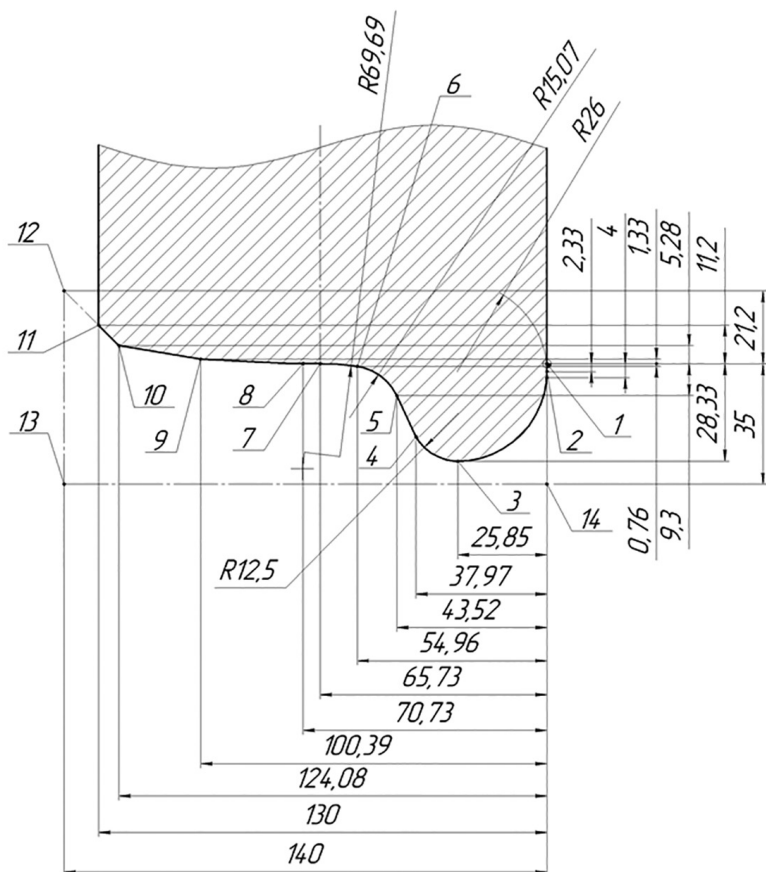


Рис. 42. Расчетная схема для составления управляющей программы.

Таблица 8. Управляющая программа в коде ISO 7-bit

Номер кадра	Текст программы	Описание программы по кадрам
N1	G90 G21 G17 G42 G94 G97	Прогон кадров в абсолютных координатах, ввод в мм, включение коррекции на радиус
N2	T1 M6	Вызов инструмента T1 (резец с круглой пластиной)
N3	G0 X0 Y-4	Подвод инструмента (перемещение в т. 0)
N4	M4 S30 F1.4	Запуск шпинделя, вращение против часовой стрелки, ввод скорости вращения шпинделя и подачи
N5	G1 Y0	Линейная интерполяция, перемещение в т. 1
N6	Y-2.327	Перемещение в т. 2
N7	G2	Круговая интерполяция (по ч. с.)
N8	X-25.846 Y-28.326 R26	Перемещение в т. 3
N9	X-37.974 Y-21.202 R12.5	Перемещение в т. 4
N10	G1	Линейная интерполяция
N11	X-43.524 Y-9.2998	Перемещение в т. 5
N12	G3 F1.2	Круговая интерполяция против часовой стрелки, ввод величины подачи
N13	X-54.959 Y-0.763 R15.072	Перемещение в т. 6
N14	X-65.725 Y-0.000 R69.689	Перемещение в т. 7
N15	G1 X-70.725 Y-0.000	Линейная интерполяция, перемещение в т. 8
N16	X-100.394 Y1.333	Перемещение в т. 9
N17	X-124.079 Y5.28	Перемещение в т. 10
N18	X-130.000 Y11.202	Перемещение в т. 11
N19	X-140.000 Y21.202	Перемещение в т. 12
N20	G0	Ускоренное перемещение шпинделя
N21	X-140 Y-35	Отвод инструмента (перемещение в т. 13)
N22	X0 Y-35	Перемещение в т. 14
N23	M5	Остановка вращения шпинделя
N24	M30	Конец программы со сбросом модальных функций

Глава 3.

Разработка колесофрезерного станка упрощенной конструкции

3.1. Разработка конструкции колесофрезерного станка для обработки поверхностей катания колесных пар

Как отмечалось ранее, наряду с колесотокарными станками для ремонта колесных пар без выкатки в настоящее время перспективны и колесофрезерные станки, однако существующие станки такого назначения весьма сложны и требуют существенного изменения конструкции. В связи с этим в дополнение к описанным выше колесотокарным станкам был разработан и колесофрезерный станок упрощенной конструкции. На рисунке 43 показан общий вид этого станка, на рисунке 44 — вид спереди, на рисунке 45 — вид слева, на рисунке 46 — вид А, на рисунке 47 — разрез Б-Б.

Станок содержит неподвижную станину 1 (рис. 44), конструкция которой в точности повторяет конструкцию, разработанную для колесотокарного станка с ручным управлением (рис. 26), с продольными 2 и поперечными 3 направляющими, раму 4, установленную на станине 1 с возможностью перемещения по направляющим, и установленный на раме привод, состоящий из асинхронного электродвигателя 5 с редуктором, выполненным из червяка 6, соединенного с двигателем 5 через втулочно-пальцевую муфту 7 (рис. 47), и червячного колеса 8. Выходной вал 9 редуктора (колеса 8) выполнен двухсторонним, с первым и вторым шипами, и расположен параллельно продольным направляющим 2.

На раме 4 жестко закреплены кронштейны 10 и 11 (первый и второй) с отверстиями, соосными с выходным валом редуктора.

Кроме того, станок включает в себя первую фасонную фрезу 12 (рис. 46), профиль зубьев которой повторяет профиль железнодорожного колеса, вторую фасонную фрезу 13, профиль зубьев которой выполнен зеркальным по отношению к первой, при этом фрезы установлены на выходном валу 9 редуктора с обеих его сторон, а шипы выходного вала закреплены в отверстиях соответствующих кронштейнов 10 и 11 с возможностью вращения. Рама 4 имеет возможность перемещения по направляющим 2 и 3 с помощью передач винт — гайка (на рисунках не показаны) и рукояток 14 и 15, оснащенных лимбами 16 и 17 с ценой деления 0,05 мм, что является достаточным для точной установки фрезы в нужную позицию вручную.

Особенностью привода главного движения станка является применение открытой червячной передачи, которая ввиду возможной высокой запыленности окружения располагается в кожухе (на рисунках не показан), смазывание червячной передачи осуществляется с помощью масленки, расположенной непосредственно на торце червяка 6. Смазка поступает через канал, выполненный в червяке и расположенный соосно с самим валом. В зону контакта смазка поступает через два канала, расположенных диаметрально. Таким образом исключается возможность появления нежелательных вибраций во время работы передачи.

При использовании станка его устанавливают параллельно оси ремонтируемой колесной пары и включают привод. Вращая рукоятки 14 и 15, поочередно устанавливают фрезы в положения, нужные для обработки правого или левого колес. Затем первой или второй фрезой касаются подлежащих обработке поверхностей и по лимбам

измеряют фактическое положение этих поверхностей относительно продольных направляющих станка. После этого, поворачивая рукоятки, соответствующими фрезами обрабатывают вначале одну поверхность, а потом вторую.

Поскольку обе фрезы работают от одного привода, то скорости, силы резания и погрешности, возникающие при фрезеровании того и другого колеса, одинаковы. При правильной первоначальной установке фрез профиль колес приобретает равные погрешности, чего при обработке на станках КЖ-20 и КЖ-20ТФ1 и других обеспечить невозможно, хотя движение окружной подачи при использовании этих станков и описанного станка может осуществляться одинаковыми способами.

Для того чтобы корректно выбрать двигатель привода вращения фрезы, был проведен мощностной расчет.

Частота вращения фрезы принята равной $110 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ [23].

Расчет скорости резания выполнен по формуле (3).

$$F_z = 9.81 \cdot C_F \cdot t^{X_F} \cdot S^{Y_F} z \cdot \frac{B^{U_F}}{D^{q_F}}, \quad (29)$$

где: F_z — проекция силы резания на вертикальную ось, Н,

C_F — силовой коэффициент обработки материала,

X_F, Y_F, U_F, q_F — показатели степени,

t — глубина резания, мм,

S — подача на зуб фрезы, мм/зуб,

B — ширина фрезерования, мм,

z — число зубьев фрезы,

V — скорость резания, м/мин.

Данные для расчета силы резания принимаются согласно [18].

$$F_z = 9.81 \cdot 68 \cdot (0.30 \frac{\text{мм}}{\text{об}})^{0.74} \cdot 10 \cdot \frac{(130 \text{ мм})^1}{(250 \text{ мм})^{0.86}} = 3.08 \text{ кН}.$$

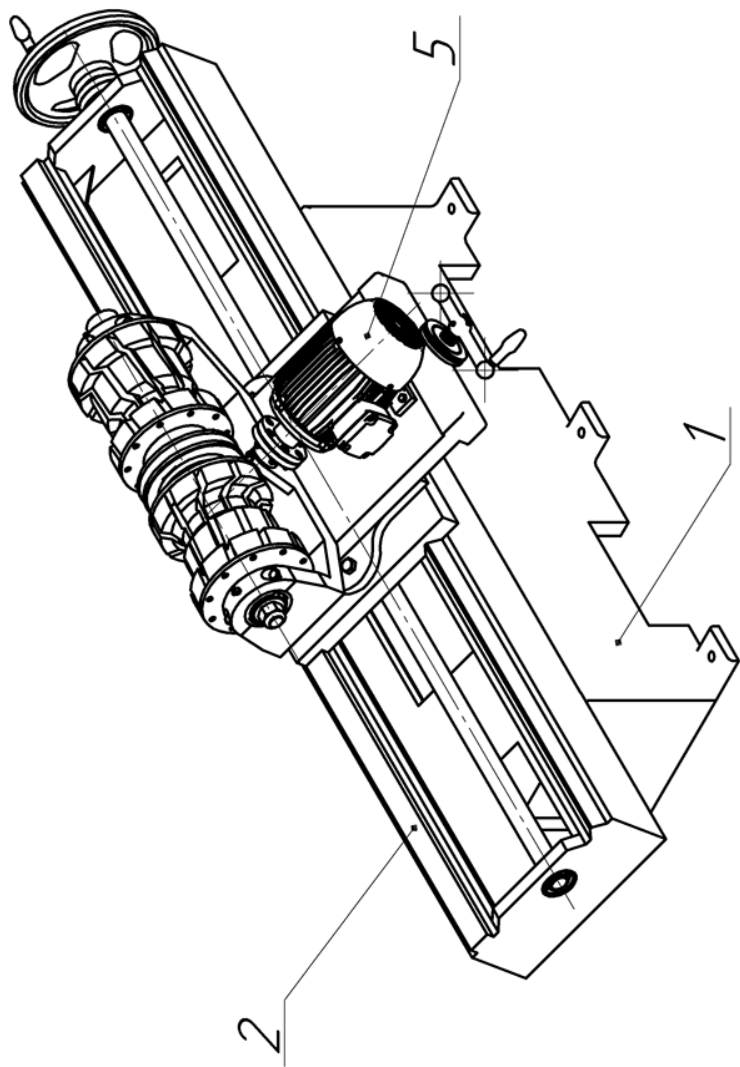


Рис. 43. Общий вид колесофрезерного станка.

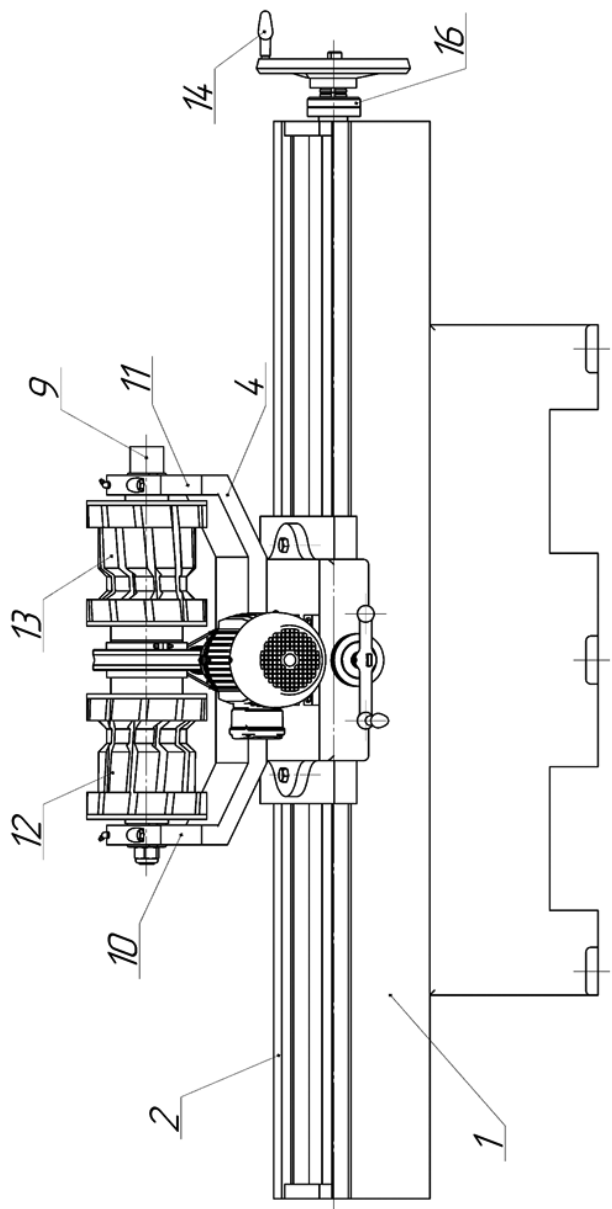
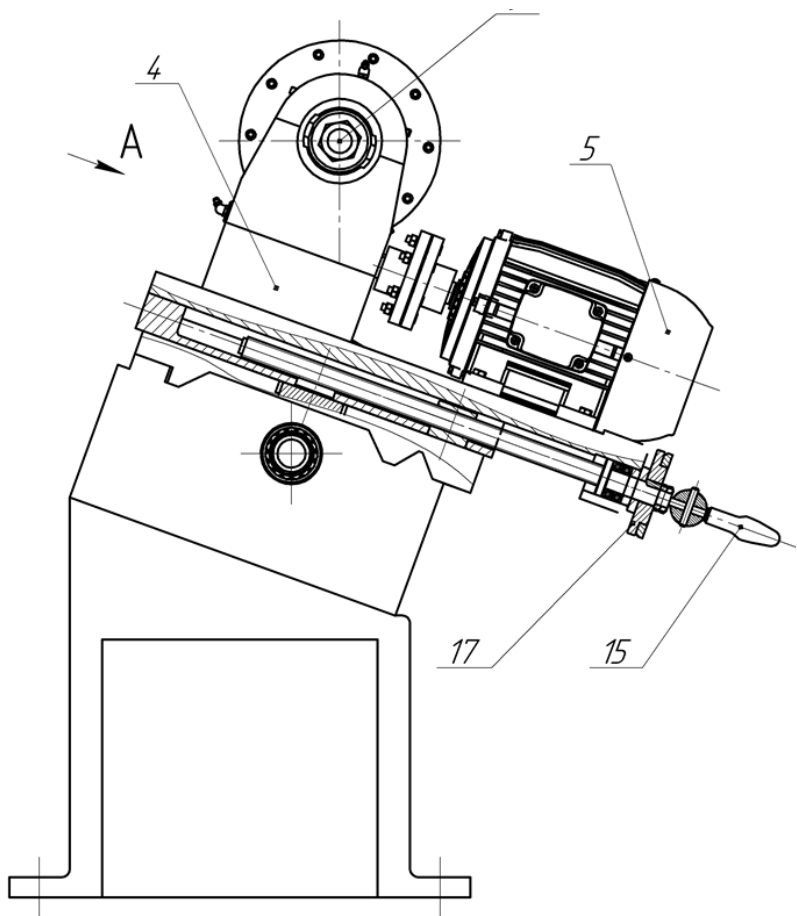


Рис. 44. Колесафрезерный станок – вид спереди.



Фиг. 45. Колесофрезерный станок – вид слева.

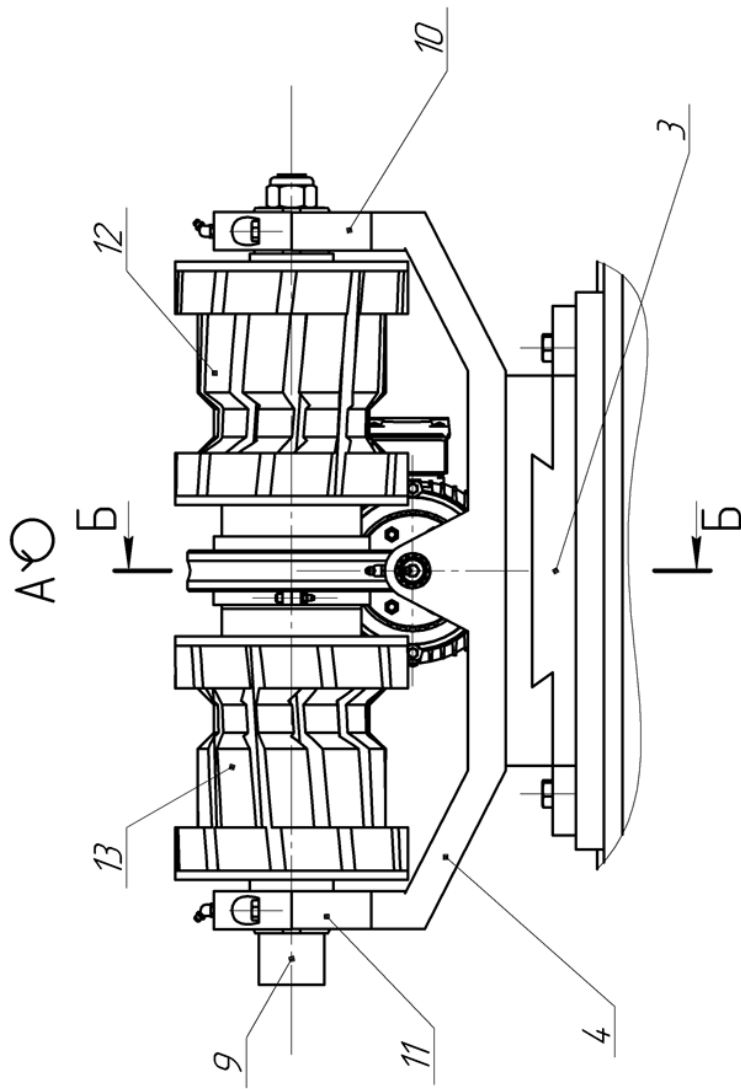


Рис. 46. Колесофрезерный станок – вид А.

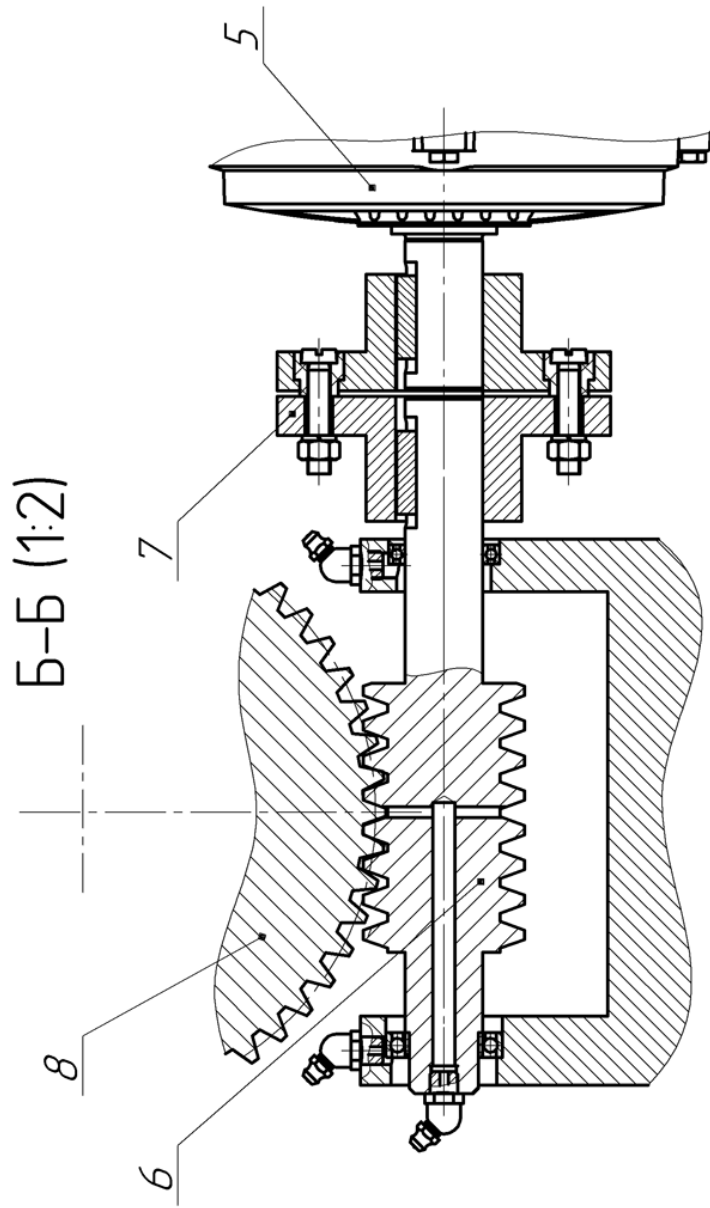


Рис. 47. Устройство привода – разрез Б-Б.

Мощность резания определена по формуле (2), а требуемая мощность — по формуле (30):

$$N = \frac{3.08 \text{ кН} \cdot 86.39 \frac{\text{М}}{\text{мин}}}{60 \cdot 1020} = 4.35 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{тр}} = \frac{N}{\eta_0}. \quad (30)$$

Поскольку в эту передачу входят открытая червячная пара с КПД, равным $\eta_{\text{ч}} = 0.85$ [20], а также четыре подшипника (два в опорах червяка, и еще два установлены в раме) с $\eta_n = 0.99$, то

$$\eta = \eta_{\text{ч}} \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_n^2,$$

$$\eta = 0.85 \cdot 0.99^2 \cdot 0.99^2 = 0.82,$$

$$P_{\text{тр}} = \frac{4.35 \text{ кВт}}{0.82} \text{ кВт} = 5.30 \text{ кВт}.$$

Согласно ГОСТ 31606–2012 [24] принята мощность двигателя 5.5 кВт.

3.2. Разработка двухсторонней фрезы для колесофрезерного станка

Как видно из описания разработанного станка и вышеприведенных рисунков, для станка требуется и разработка специальной двухсторонней фасонной фрезы, состоящей из первой и второй упомянутых фрез. При проектировании такой фрезы в качестве прототипа была использована типовая фасонная фреза, производимая сегодня на предприятии ООО «СЛАВЕРС» (г. Челябинск) [16]. Однако в целях уменьшения габаритов конструкции и повышения ее жесткости в конструкцию были внесены некоторые изменения.

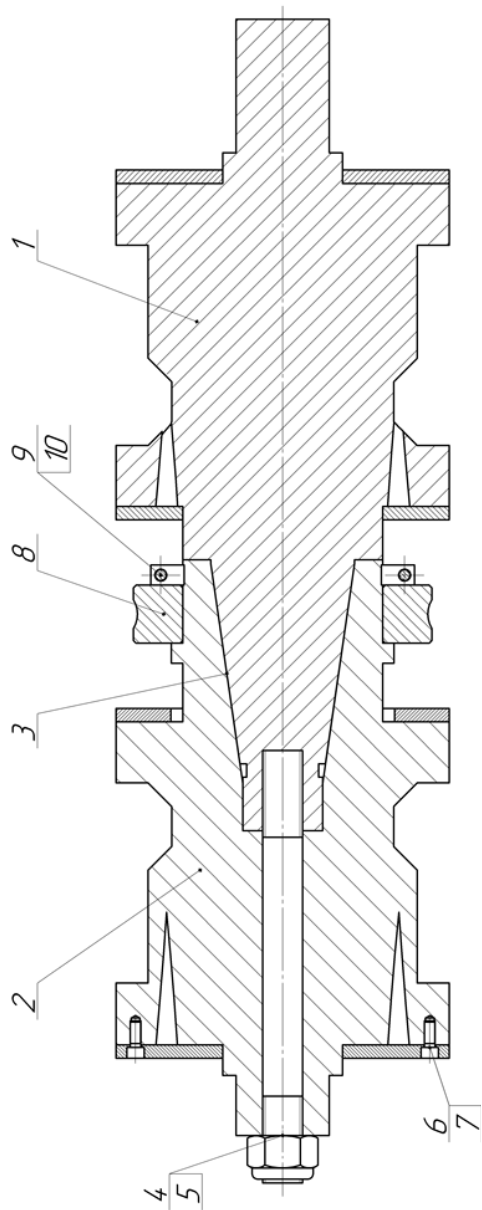


Рис. 48. Корпус фасонной фрезы.

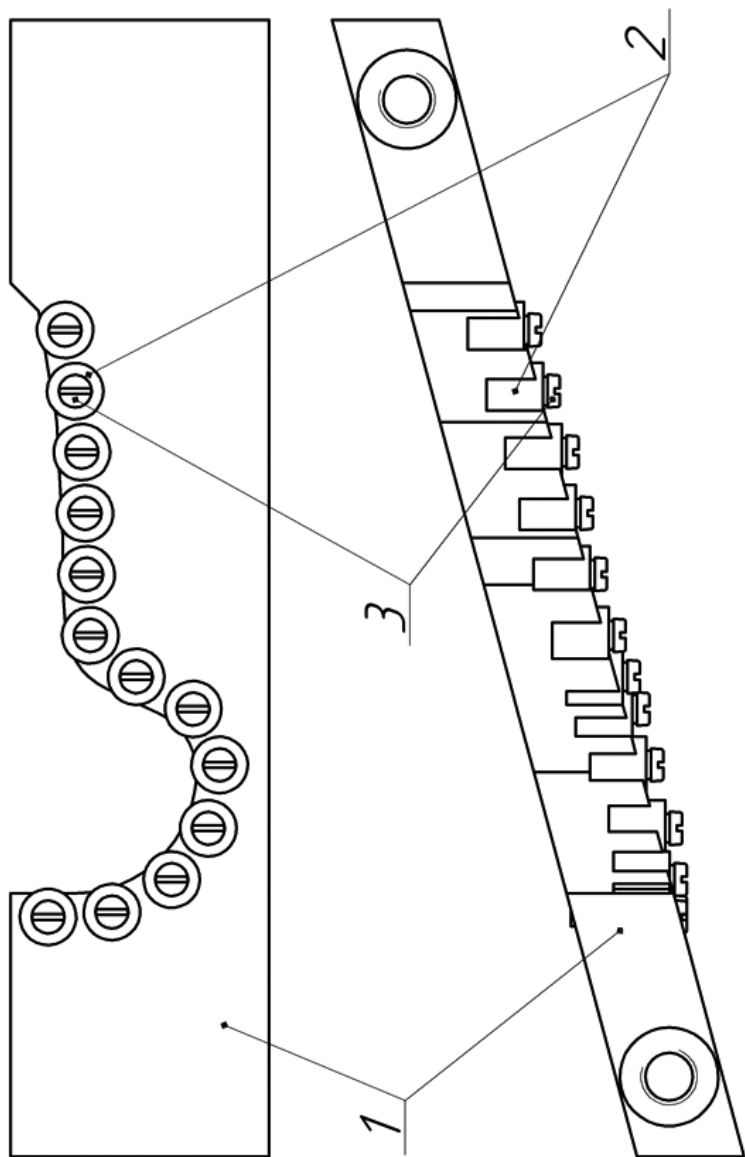


Рис. 49. Зуб фасонной фрезы.

Полученный в результате корпус двухсторонней фасонной фрезы (рис. 48) состоит из двух расположенных зеркально половин 1 и 2, которые соединяются между собой с помощью конуса 3. Необходимый натяг осуществляется с помощью штревеля 4 и фиксируется гайкой 5. Закрепление ножей фрезы в осевом направлении, как и на типовой фрезе, выполняется посредством фланцев 6 и винтов 7. Кроме того, для возможности передачи вращения от двигателя к инструменту на корпус фрезы устанавливают зубчатое колесо 8. Предотвращение смещения колеса в осевом направлении выполнено с помощью хомута 9 и конических болтов 10, прокручивание фрезы относительно оси вращения исключается шпонкой (на рисунке не показана).

В корпус фрезы устанавливают зубья, один из которых приведен на рисунке 49. Он состоит из державки 1, круглых пластин 2 и винтов 3, с помощью которых пластины фиксируются в соответствующих гнездах.

Для того чтобы обеспечить обработку всего профиля колесной пары, круглые пластины размещают со смещением по контуру профиля. Кроме того, пластины разных зубьев несколько смещены относительно друг друга вдоль контура профиля, что снижает шероховатость обрабатываемой поверхности. Для повышения стойкости инструмента режущие пластины фрезы изготавливаются из тех же сплавов, что и пластины для токарной обработки, указанные в п. 2.3: GC4215 для обработки сталей, GC3015 для обработки чугуна или же GC4325, которые подходят для обработки как стали, так и чугуна.

Глава 4.

Модернизация домкратной установки для подъема и вывешивания вагонов и локомотивов

4.1. Механическая часть домкратной установки

В главе 1 указывалось, что домкратные установки, необходимые для вывешивания колесных пар перед обработкой, чаще всего выполняются с гидроприводами. Более надежны установки с электроприводами, поскольку в них нет гидросистем, при работе которых может происходить утечка жидкости. Ранее было отмечено, что из домкратных установок с электроприводом наиболее практически применимы установки типа УДП, которые производятся на машиностроительном заводе АО «Кубаньжелдормаш». Эти домкратные установки выпускаются в двух исполнениях, при этом их ключевым параметром является грузоподъемность домкратов. Технические характеристики домкратных установок УДП приведены в таблице 9.

Домкратные установки типа УДП не имеют привода вращения колес, а это значит, что каждый домкрат необходимо перемещать вручную.

Из-за большой массы при применении домкратов к ним приходится прилагать большие усилия или использовать специальную технику, что нерационально. Поэтому предлагается модернизация домкратной установки, которая заключается в том, что на каждый домкрат устанавливается привод вращения колес, управление которым возможно выполнять дистанционно.

Таблица 9. Технические характеристики домкратов типа УДП

Наименование параметра	УДП-120	УДП-160
Грузоподъемность, т:		
– установки	120	160
– домкрата	30	40
Высота подъема груза, мм	1960/2600	
Тип привода	Редуктор с электродвигателем	
Номинальное напряжение, В	380	
Номинальная частота, Гц	50	
Номинальная мощность, кВт	7.5/11.0	
Габаритные размеры домкрата, мм:		
– длина	1600	1600
– ширина	1400	1400
– высота	2600	3250
Масса домкрата (без масла в редукторе), кг, не более	1800	2000
Масса установки (без масла в редукторах), кг, не более	7350	8290

Домкратная установка (рис. 50 и 51) состоит из рамы 1, на которую устанавливаются мотор-редуктор 2 и дополнительный редуктор 3, который необходим для передачи вращения на ходовой винт 4, с помощью которого по типу передачи винт — гайка приводится в движение кронштейн 5. Для предотвращения поворота кронштейна 5 относительно оси ходового винта 4 в конструкции домкрата предусмотрен направляющий стержень 6, который устанавливается в соответствующие отверстия опорной плиты 7 и крышки домкрата 8. Для возможности перемещения домкрата грузозахватными приспособлениями в раме 1 выполнены строповочные отверстия. Вращение колес осуществляется с помощью частотно регулируемого мотор-редуктора 9, который устанавливается на специальной

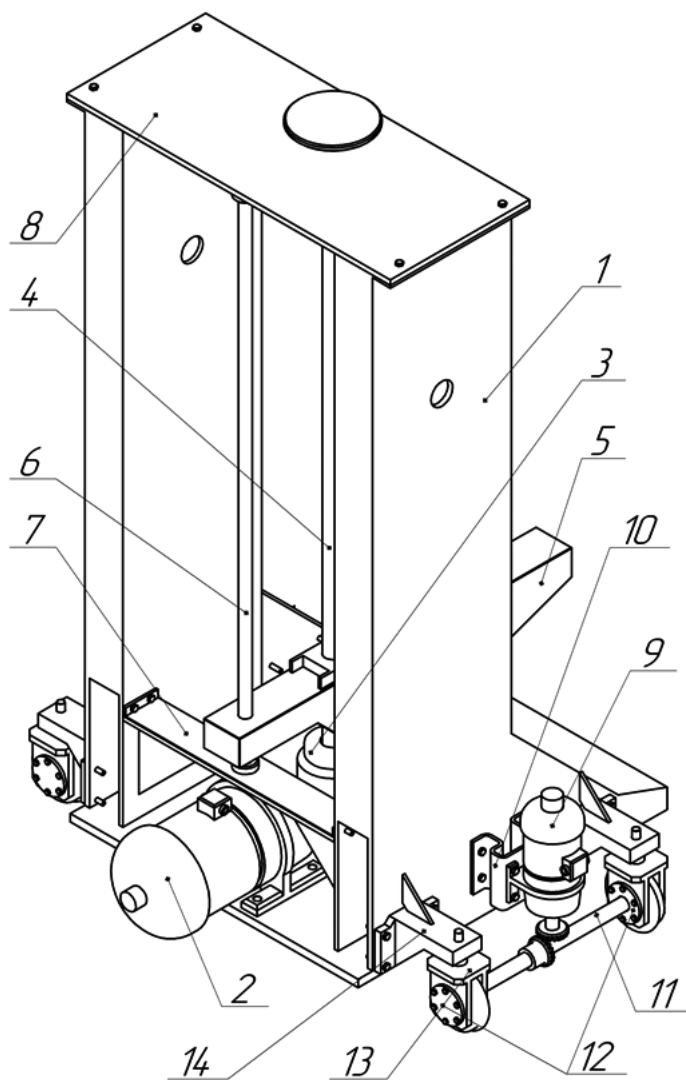


Рис. 50. Домкрат. Общий вид.

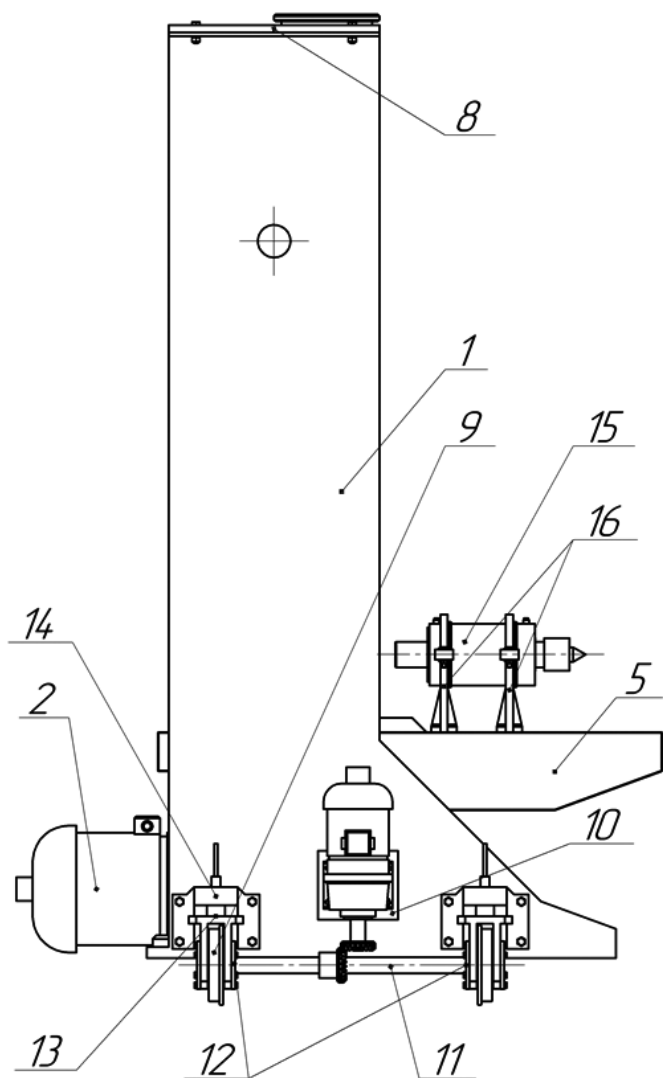


Рис. 51. Домкрат. Вид сбоку.

платформе 10. Выбор мощности мотор-редуктора 9 выполнен по аналогичным расчетам, приведенным в п. 2.2. Вращение выходного вала мотор-редуктора 9 на общий для двух колес вал 11 осуществляется с помощью конической зубчатой передачи (для повышения срока службы зубчатой передачи предусмотрен кожух — на рисунке не показан), при этом вал 11 установлен в подшипниковые узлы 12, вилки 13 которых посредством штырей устанавливаются в опорных лапах 14.

Домкраты устанавливаются на отдельных рельсах, расположенных параллельно основным, на которые ставят вагон. При обработке колесной пары важно, чтобы она не имела возможности перемещения в осевом направлении, для этого на кронштейне 5 устанавливается гидроцилиндр 15, который крепится к кронштейну 5 с помощью двух одинаковых опор 16. При необходимости регулировка опор по высоте может быть выполнена через установку дополнительных прокладок.

4.2. Особенности применения домкратной установки при использовании колесотокарных и колесофрезерных станков

Модернизированная домкратная установка, так же как и обычная установка УДП, может применяться по-разному. Она позволяет с помощью четырех одновременно работающих домкратов поднимать весь вагон или локомотив в целом, если это потребуется. Однако в тех случаях, когда должна производиться обработка колесных пар без выкатки, достаточно, чтобы одновременно работали два домкрата, находящиеся по обе стороны от подлежащей обработке колесной пары. Для этого вагон или локомотив с соответствующей тележкой 1 (рис. 54) устанавливают в железнодорожном депо над смотровой ямой (на рисунке условно показана только часть вагона или

локомотива — тележка), при этом его перемещение ограничивают либо тупиковым упором, либо башмаками (рис. 52), размещенными на рельсах. Эта операция наиболее сложная, поскольку от нее зависит, каким окажется взаимное расположение станка и колесной пары.

А к указанному расположению предъявляются особые требования. В случае колесотокарной обработки эти требования наиболее жесткие и состоят главным образом в том, чтобы линия перемещения вершины резца по поперечным направляющим станка пересекала линию центров колесной пары. Обеспечить это можно, например, так, как предложено в работе [25].

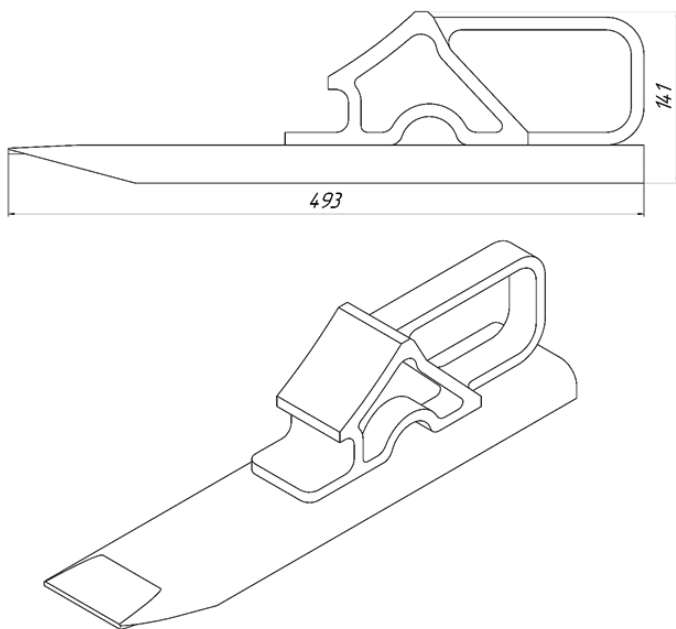


Рис. 52. Тормозной башмак типа БК-1Л.

Пусть вагон перемещают по рельсам до взаимодействия его буфера с тупиковым упором, и пусть a — расстояние

между торцом тележки с колесной парой, подлежащей обработке, и передней поверхностью тупикового упора. Тогда для обеспечения сформулированного выше требования целесообразно воспользоваться схемой расположения вагона перед подъемом, показанной на рис. 53, где 1 — кузов вагона с буфером, 2 — тупиковый упор, 3 — вагонная тележка с колесной парой 4, подлежащей обработке, 5 — рельсы, 6 — смотровая яма, 7 — колесотокарный станок, 8 — дальномер, закрепленный на упоре 2 (лазерный дальномер, например Lomvum LV 50, обеспечивающий точность измерения 1 мм), 9 — аналогичный дальномер, размещенный на дне ямы, 10 — параметр a , 11 — параметр b , 12 — параметр c , 13 — параметр d , 14 — параметр e , 15 — параметр f , 16 — радиус R колес пары 4, 17 — параметр α , 18 — параметр x .

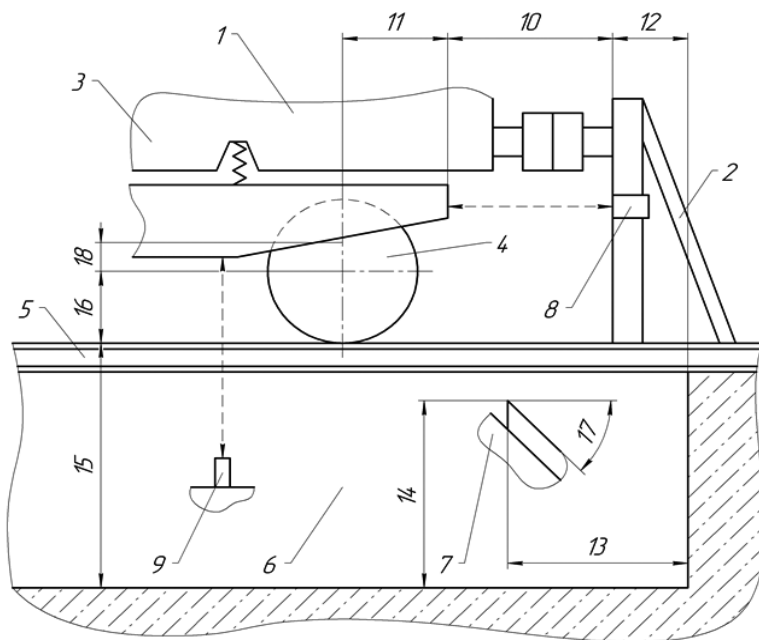


Рис. 53. Способ позиционирования резца при токарной обработке.

Параметр x в данном случае — высота, на которую должен быть поднят вагон относительно рельсов, чтобы искомое требование было выполнено, а остальные параметры имеют следующий смысл: b — расстояние от торца тележки до оси пары, подлежащей обработке, c — расстояние между передней поверхностью тупикового упора и плоскостью переднего торца смотровой ямы, d — произвольно выбранное одно из возможных расстояний от вершины резца размещенного в яме колесотокарного станка до переднего торца ямы, e — расстояние от вершины резца колесотокарного станка до дна ямы, соответствующее выбранному d , f — расстояние от поверхности рельсов до дна ямы, R — средний радиус колес пары, подлежащей обработке, α — угол наклона направляющих колесотокарного станка относительно горизонтальной плоскости. Определив числовые значения перечисленных параметров, величину x можно рассчитать по соотношению:

$$x = (a + b + c - d) \cdot \operatorname{tg} \alpha - f - R + e.$$

Допустим, в результате измерений были получены такие данные: параметры 11 (b), 12 (c), 13 (d), 14 (e), 15 (f), 16 (R) и 17 (α) равны, соответственно, 40 см, 55 см, 80 см, 110 см, 120 см, 35 см и 45° , при этом расстояние 10 (a) получилось 65 см. Тогда, подставив данные в приведенное выше соотношение, получим $x = 35$ см. Подняв вагон на соответствующую величину, сможем обеспечить пересечение линии перемещения вершины резца по поперечным направляющим с осью колесной пары. Если же этого не сделать, то резец будет быстро изнашиваться, на нем появятся сколы, либо он будет работать не режущей кромкой, а задней поверхностью, и его режущие свойства не будут использоваться.

Изложенное выше показывает, что применение домкратной установки при использовании колесотокарного станка — дело непростое. Однако поскольку сами

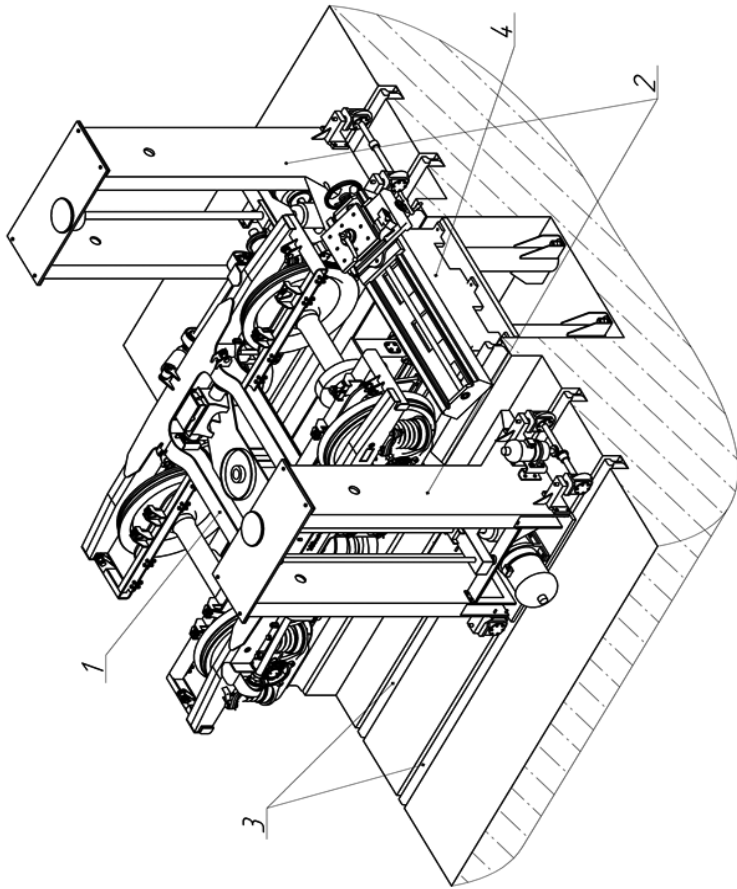


Рис. 54. Общий вид комплекса для обработки колесных пар.

колесотокарные станки, рассмотренные в главе 2, относительно несложны, их применение все-таки оправдано. Что касается колесофрезерных станков, то ситуация обратная: такие станки сложнее, но применение домкратной установки при их использовании оказывается более простым. Объясняется это тем, что при подъеме колесной пары, подлежащей обработке, нужно, чтобы ось колесной пары и ось фрезы оставались параллельны, а обеспечивать точное пересечение линии перемещения оси фрезы к оси колесной пары необходимости нет. Эта линия может проходить и несколько выше, и несколько ниже оси колесной пары. Как показывает практика, это отклонение не должно превышать 20–30 мм, что позволяет с такой же точностью и поднимать вагон.

Глава 5.

Вспомогательное оборудование, требуемое при механообработке колесных пар без выкатки

5.1. Подкатная платформа для перемещения станков

В предыдущей главе были описаны особенности при-
менения домкратной установки в случаях, когда станок,
с помощью которого должна вестись обработка колес
тележки, размещен в смотровой яме стационарно. В та-
ких случаях обработку колесных пар, принадлежащих
разным тележкам, приходится вести, предварительно
переместив вагон или локомотив по рельсам в нужное
положение. Для фиксации того и другого в том или ином
положении нужно либо переустановить тупиковый упор,
либо использовать тормозные башмаки, подобные по-
казанным на рисунке 52. Башмак устанавливается на
рельсах и служит для вагона или локомотива съёмным
упором, заменяющим тупиковый.

Совершенно ясно, что такой способ обработки колес-
ных пар, принадлежащих разным тележкам, применим
весьма ограниченно. Широко использовать его нецелесо-
образно из-за значительных экономических и временных
затрат. Более рационально было бы перемещать, когда
требуется, не вагон или локомотив, а менее массивный
станок. Но тогда станок должен устанавливаться в смо-
товой яме на специальной подкатной платформе, пе-
ремещаемой по рельсам, специально проложенным для
этого по дну смотровой ямы.

Такая платформа в дополнение к описанному обору-
дованию была разработана, и ее устройство иллюстри-
руется рисунками, приведенными ниже.

Ориентирована платформа, как уже отмечалось, на размещение непосредственно в смотровой яме железнодорожного депо, где ее перемещение осуществляется по проложенным на дне смотровой ямы рельсам. Состоит она из сварной рамы 1 (рис. 55), Г-образной опорной плиты 2, на которую устанавливается станок, при этом соединение рамы 1 и плиты 2 выполняется с помощью сварки. Консольно расположенная часть плиты 2 опирается на две опоры 3, размещенные по бокам передней части рамы 1. Опоры крепятся с помощью болтовых соединений 4.

Перемещение платформы по рельсам осуществляется с помощью приводного узла, установленного на днище рамы (рис. 56). Он состоит из частотно регулируемого мотор-редуктора 5, который через открытую коническую зубчатую передачу 6 кинематически соединен с осью 7 колесной пары тележки. Выбор мощности мотор-редуктора выполнен по расчетам, приведенным в п. 2.2. Требуемая мощность равна 18,5 кВт. Ось 7 установлена в подшипниках проушин 8. Профиль колес 9 платформы повторяет профиль колес, применяемых на грузовых вагонах. Соединение колес 9 с осью 7 выполняется посредством шлицов.

Для монтажа на платформе механизма вращения приводной колесной пары на ней предусмотрены отверстия 10 для соответствующих восьми крепежных болтов.

Станок закрепляется на плите платформы с помощью шести болтов (на рис. 56 для них показаны отверстия 11), расположенных в соответствии с отверстиями на основании станка.

При эксплуатации станка, установленного на платформе (перед обработкой профиля колесной пары) колеса платформы должны быть зафиксированы с помощью тормозного башмака. Такое стопорение является обязательным, поскольку даже при отключенном мотор-редукторе его выходной вал имеет возможность некоторого проворота, в определенных пределах, что может повлиять на качество обработки.

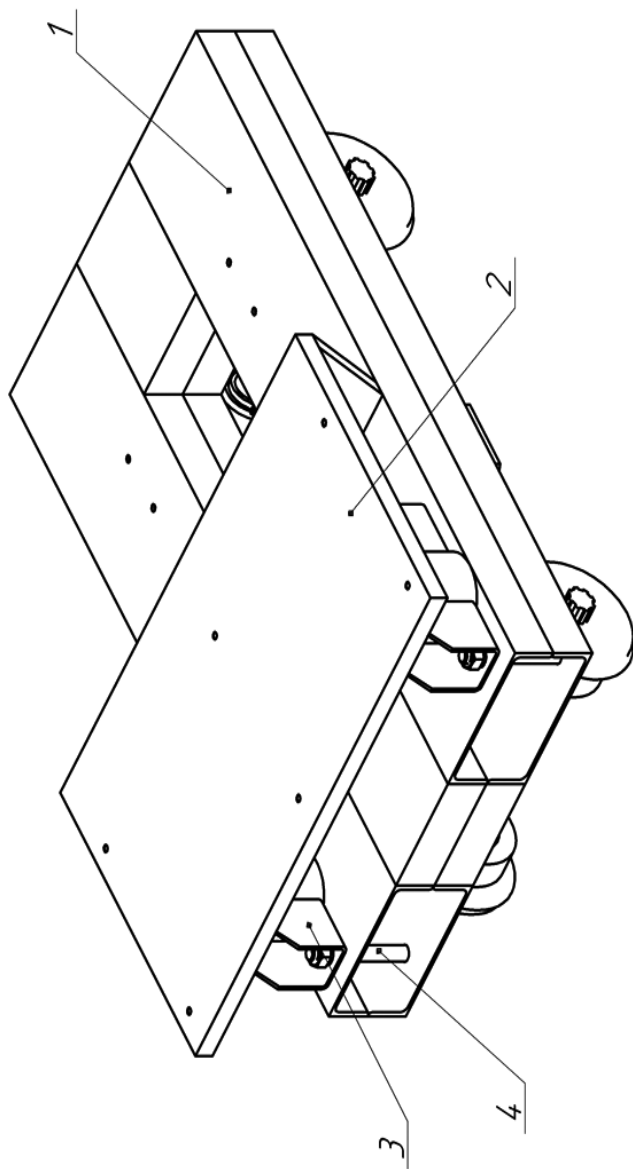


Рис. 55. Общий вид подкатной платформы.

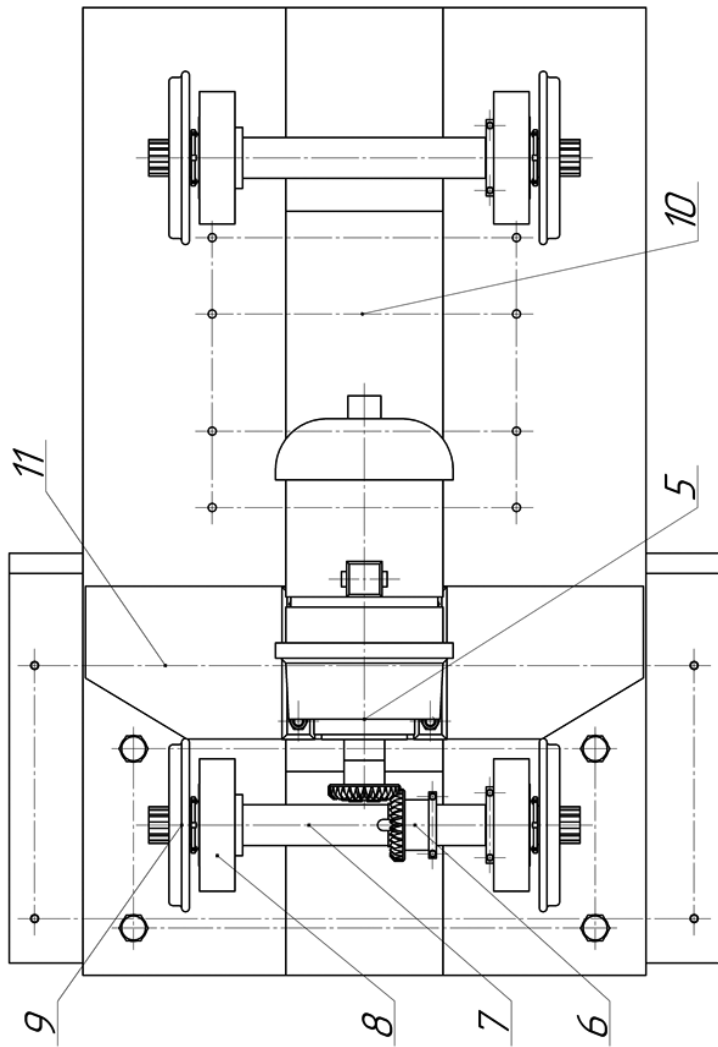


Рис. 56. Подкатная платформа. Вид снизу.

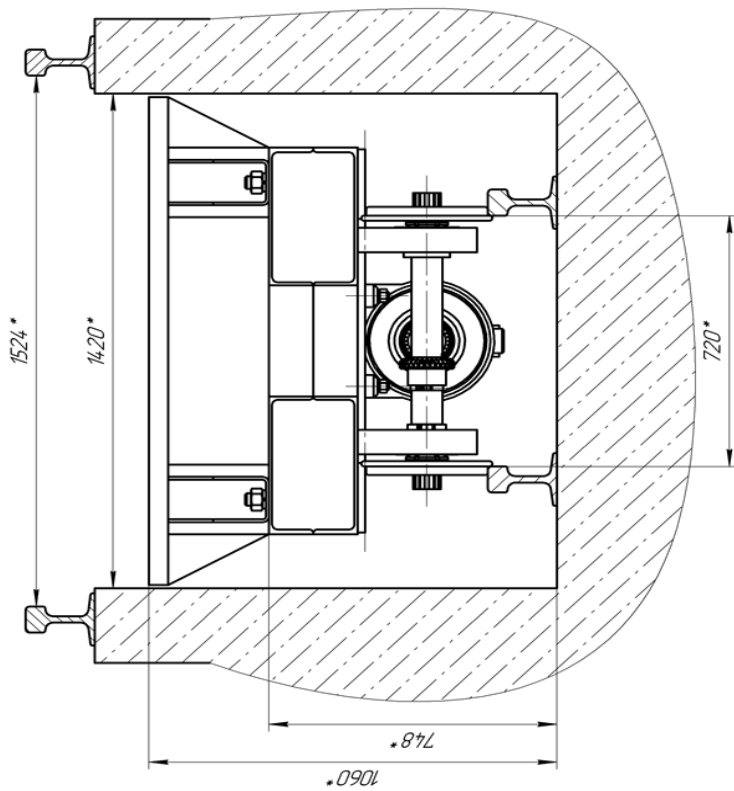


Рис. 57. Размещение подкатной платформы в смотровой яме.

5.2. Пылесосы для уборки стружки из смотровой ямы

Как известно, при механообработке резанием происходит образование стружки. Не исключено ее образование и в процессе обработки колесных пар. Если обработка производится с их выкаткой, то стружка размещается на поверхностях оборудования и помещений, вполне доступных для ее дальнейшей уборки, которая зачастую не требует применения какой-либо специальной техники. В случаях, когда обработка ведется без выкатки, в частности с помощью рассмотренных в книге станков, значительная часть стружки попадает в смотровую яму. Поэтому в состав вспомогательного оборудования, требуемого для обработки колесных пар без выкатки, наряду с подкатной платформой должны быть включены и средства для механизированной уборки стружки из смотровой ямы.

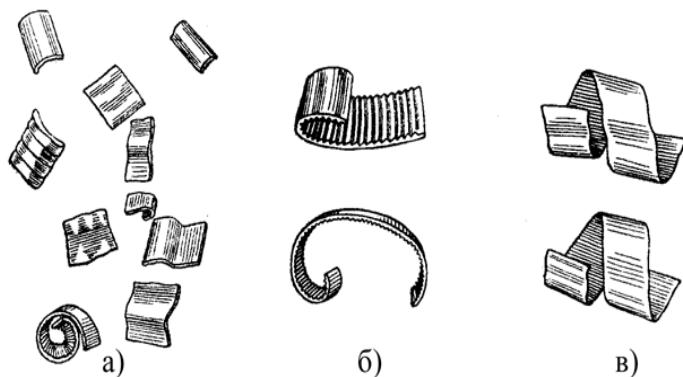


Рис. 58. Типы стружки.

Стружка, образующаяся при обработке колесных пар, в общем случае бывает трех типов. Стружка надлома (элементная), скалывания (иногда тоже элементная) и сливная (рис. 58, а) — надлома, б) — скалывания, в) — сливная). В процессе колесотокарной обработки

принципиально может образовываться любая из них. Однако наиболее вероятными являются первые две. Это обусловлено тем, что при обработке на станках с ручным управлением рабочему более удобно совершать прерывистые движения перемещения суппорта станка, чем непрерывные. Поскольку на станке с ЧПУ используются шаговые электродвигатели, движение которых задается импульсно-шаговой системой, при работе таких станков также наиболее вероятно прерывистое перемещение суппорта и образование стружки надлома и скалывания. В процессе колесофрезерной обработки в связи с самим принципом фрезерования стружка, как правило, получается элементная. Учитывая это, средствами механизированной уборки стружки из смотровой ямы при обработке колесных пар без выкатки могут служить известные устройства для удаления стружки типа мощных промышленных пылесосов. Это может быть, например, промышленный пылесос Delfin DM 40 OIL компании DELFIN S.r.l. или другой, ему аналогичный.

Указанный пылесос предназначен для уборки стружки и технологической жидкости, которая может применяться в процессе обработки. Пылесос Delfin DM 40 OIL состоит из полиэфирного фильтра 1 (рис. 59), опорной рукоятки-держателя с опускным механизмом 2, закрепленной на корпусе пылесоса, поплавкового индикатора защиты от залива трубы 3, сетчатого сепаратора для металлической стружки (объем 40 литров) 4, сливного шарового крана с ручным переключателем 5, индикатора уровня наполнения жидкостью 6 и бака пылесоса для жидкости (объем 100 литров) 7. Технические характеристики пылесоса приведены в таблице 10, общий вид промышленного пылесоса представлен на рисунке 60. Уборка стружки может производиться после проведения механической обработки профиля колесной пары, для этого пылесос устанавливают рядом со смотровой ямой.

Пылесос имеет колеса, поэтому при необходимости он может быть перемещен вдоль смотровой ямы. Для этого следует предусмотреть специальную дорожку.



Рис. 59. Промышленный пылесос Delfin DM 40 OIL.



Рис. 60. Общий вид промышленного пылесоса Delfin DM 40 OIL.

**Таблица 10. Технические характеристики
промышленного пылесоса Delfin DM 40 OIL**

<i>Применение</i>	<i>–</i>	<i>пыль, жидкость</i>
<i>Напряжение</i>	<i>В – Гц (кол-во фаз)</i>	<i>230 – 50 (1 ф.)</i>
<i>Мощность</i>	<i>кВт</i>	<i>3,45</i>
<i>Макс. разрежение</i>	<i>мм водн. ст.</i>	<i>2500</i>
<i>Макс. производительность</i>	<i>м³/ч</i>	<i>540</i>
<i>Фильтр</i>	<i>тип</i>	<i>полипропиленовый</i>
<i>Диаметр фильтра</i>	<i>мм</i>	<i>500</i>
<i>Эффективность фильтрации</i>	<i>Кат. ВІА</i>	<i>L</i>
<i>Уровень шума</i>	<i>дБ</i>	<i>76</i>
<i>Емкость</i>	<i>л</i>	<i>100</i>
<i>Всасывающий патрубок</i>	<i>мм</i>	<i>80</i>
<i>Габариты, Д × Ш × В</i>	<i>см</i>	<i>67 × 66 × 125</i>
<i>Масса</i>	<i>кг</i>	<i>65</i>

Заключение

Оборудование, описанное в настоящей работе, разумеется, далеко от совершенства. Оно и само в дальнейшем должно модернизироваться, и принципы, заложенные в его разработку, должны развиваться. В каких направлениях это целесообразно?

По-видимому, прежде всего следует упрощать технологию подъема вагонов и локомотивов при использовании колесотокарных станков. Необходимо создавать простое и надежное оборудование для обтачивания и фрезерования колесных пар не только в локомотивных депо, но и на промежуточных железнодорожных станциях и на железнодорожных перегонах, не имеющих специально оборудованных смотровых ям (оно может потребоваться в экстренных случаях).

Целесообразно проектировать и новый режущий инструмент для обработки колес, особенно имеющий повышенную стойкость при ударных нагрузках. Сегодня для восстановления поверхностей катания сильно изношенных колесных пар широко применяют наплавку, а при механической обработке после нее инструмент, как правило, работает «на удар». В настоящее время из-за этого колеса, наплавленные под токарную или фрезерную обработку, шлифуют крупнозернистым обдирочным кругом, но не исключено, что вместо этого и последующего обтачивания или фрезерования имеет смысл обрабатывать колеса с помощью специальных колесошлифовальных станков с фасонным шлифовальным кругом, имеющим профиль рабочей поверхности колеса.

Все это может составить комплекс перспективных направлений в будущей разработке оборудования для восстановления колесных пар без выкатки, но какие из них получат наибольшее распространение, покажет время.

Список литературы

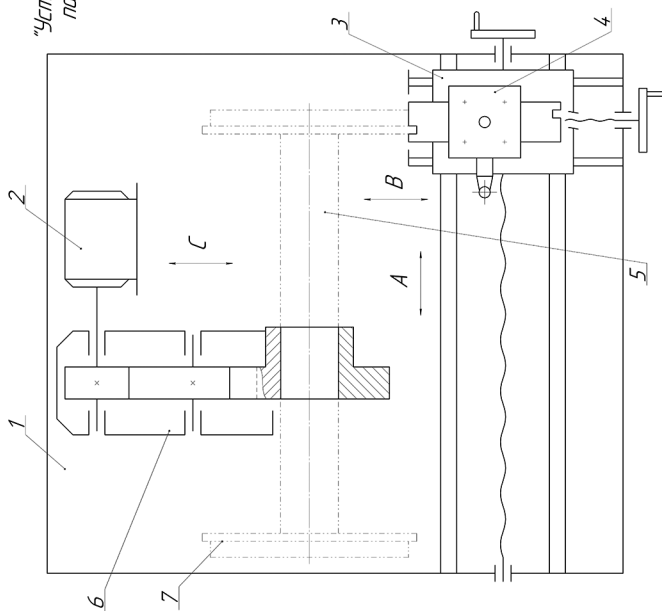
1. ГОСТ 11018–2011. Колесные пары тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия (с Изменением № 1). — Введ. 2013–01–01. — М.: Стандартиформ, 2012. — 26 с.
2. ГОСТ 4491–86. Центры колесные литые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия (с Изменением № 1). — Введ. 1988–01–01. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. — 5 с.
3. ГОСТ 398–2010. Бандажи черновые для железнодорожного подвижного состава. Технические условия. — Введ. 2011–09–01. — М.: Стандартиформ, 2011. — 10 с.
4. ГОСТ 10791–2011. Колеса цельнокатанные. Технические условия (с Поправкой). — Введ. 2012–01–01. — М.: Стандартиформ, 2011. — 27 с.
5. *Гундорова Е. П.* Технические средства железных дорог: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2003. — 496 с. ISBN 5–89035–078–1
6. Приказ Минтранса России N296 Об утверждении Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (с изменениями на 25 декабря 2018 года). — Введ. 2012.-09–01. — 532 с.
7. Технология измерения абсолютным шаблоном, толщиномером, шаблоном для измерения вертикального подреза гребня: www.вагонник.рф/2016/02/blog-post_12.html. — URL: вагонник.рф (16.05.2020).
8. Восстановление шеек осей вагонных колесных пар электродуговой металлизацией напылением (с сокращениями): www.tspc.ru/press-center/articles/restoring-the-necks-of-axles-of-carload-wheel-sets/ URL: www.tspc.ru (06.06.2022).

9. Комплексы гидравлические для подъема железнодорожного подвижного состава, ПЖД-02, ПЖД-04: www.enerprom.ru/product/Kompleksy-dlya-podema-zhd-sostava URL: www.enerprom.ru (06.06.2022).
10. Пат. На изобретение № 2240278 РФ. Устройство для подъема вагонов / *Чижов В. А.*; заявл. 12.09.2002.
11. *Богданов А. Ф., Иванов И. А., Терехов П. М.*, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I «Восстановление профиля поверхности катания колесных пар без выкатки»
12. Технология обточки железнодорожных колесных пар без выкатки / *Аксенов В. А., Полиновский Л. А., Смагин Г. И.* — Новосибирск: Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2006. — 122 с.
13. Проектирование. Изготовление. Капитальный ремонт. Модернизация колесотокарных станков для обточки колесных пар: URL <https://slavers.ru/> (06.06.2022).
14. Колесотокарный станок UGB- 150 RAFAMET: <https://torg.mts.ru/auctions/86722196205994241> URL: <https://torg.mts.ru> (06.06.2022).
15. В гостях у Аэроэкспресса: <https://m.fishki.net/1295166-v-gostjah-u-ajerojekspressa.html> URL: m.fishki.net (06.06.2022)
16. Фреза КЖ-20. Юстированные ножи. Производство. Ремонт: <https://slavers.ru/catalog/komplektuyushhie/frezy-na-kzh20.html> URL: slavers.ru (06.06.2022)
17. Пат. на изобретение № 2732041 РФ. Устройство для обработки колесных пар / *Либерман Я. Л., Баженов С. Э.*; заявл. 10.09.2020.
18. *Косилова А. Г.* Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т. 2. 4-е изд., перераб. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1985. — 496 с.

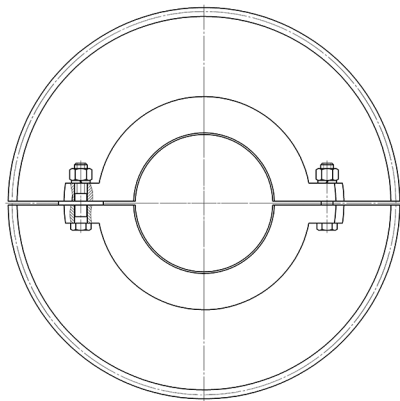
19. SANDVIK «Точение железнодорожных колес. Точение новых и переточка изношенных колес»
20. Кокорев И.А. К59 Курс деталей машин: Учеб. пособие / И. А. Кокорев, В. Н. Горелов. — Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. — 287 с. ISBN 978-5-7964-1964-9
21. Клековкин В. С., Фаттиев Ф. Ф., Севастьянов Б. В. Основы конструирования машин: Учеб. пособие для механических и электромеханических специальностей вузов. В 2 ч. — Ч. 1. Теоретические основы. — 2-е изд., испр. и доп. — Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2003. — 268 с.: ил. ISBN 5-7526-0162-2
22. Галактионова О. П. Методика проектирования фасонных резцов: Методические указания по курсовому проектированию по дисциплине «Режущий инструмент» и проведению лабораторной работы по дисциплине «Проектирование инструментов». — Екатеринбург: УрФУ. 2011. — 50 с.
23. Сладковский А. В., Рубан В. Н. «Механика, компьютер, образование», 2001. — 8 с.
24. ГОСТ 31606-2012 Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные мощностью от 0,12 до 400 кВт включительно. Общие технические требования. — Введ. 2015-01-01. — М.: Стандартиформ, 2013. — 18 с.
25. Пат. на изобретение № 2758365 РФ. Способ позиционирования вагона для токарной обработки поверхности катания колесной пары без выкатки тележки / Либерман Я. Л., Баженов С. Э; заявл. 28.10.2021.
26. Пат. на полезную модель № 208469 РФ. Малогабаритный колесотокарный станок для обработки колесных пар локомотивов и вагонов без выкатки / Либерман Я. Л., Баженов С. Э; заявл. 08.09.2021.

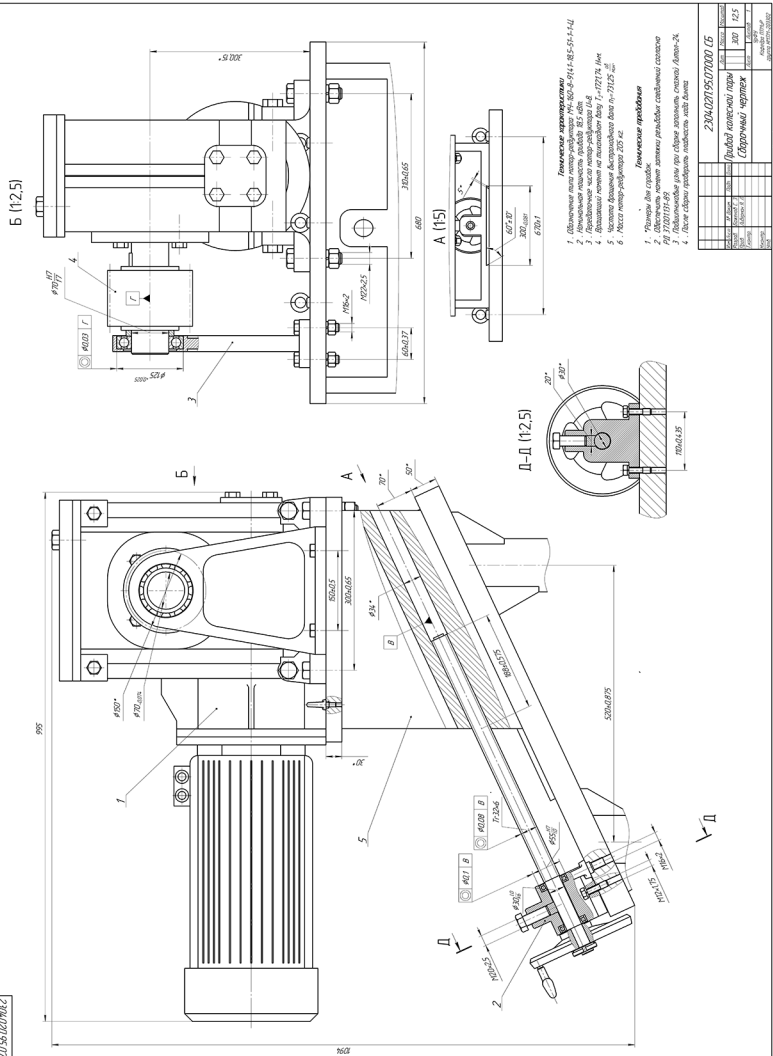
Приложения

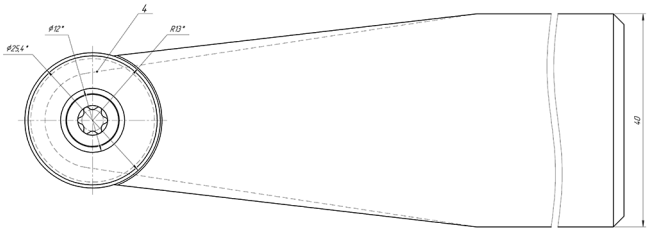
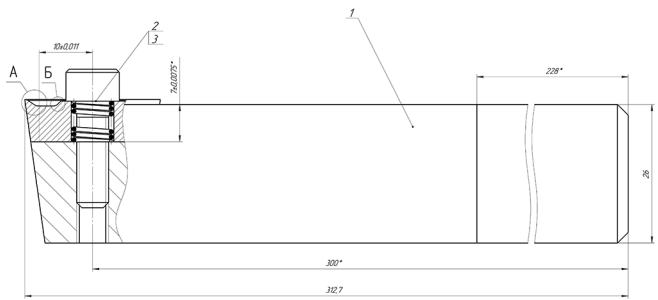
Принципиальная схема
 "Устройства для обработки колесных пар"
 патент на изобретение RU 2732041 C1
 (публикация 10.09.2020)



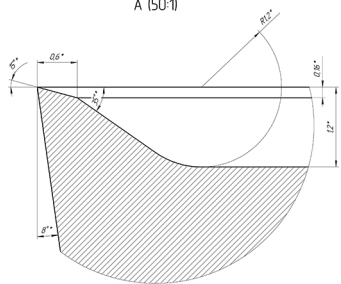
Колесо зубчатое разрезное
 вид следа



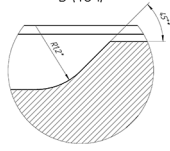
[illegible][illegible]



A (50:1)



Б (40:1)

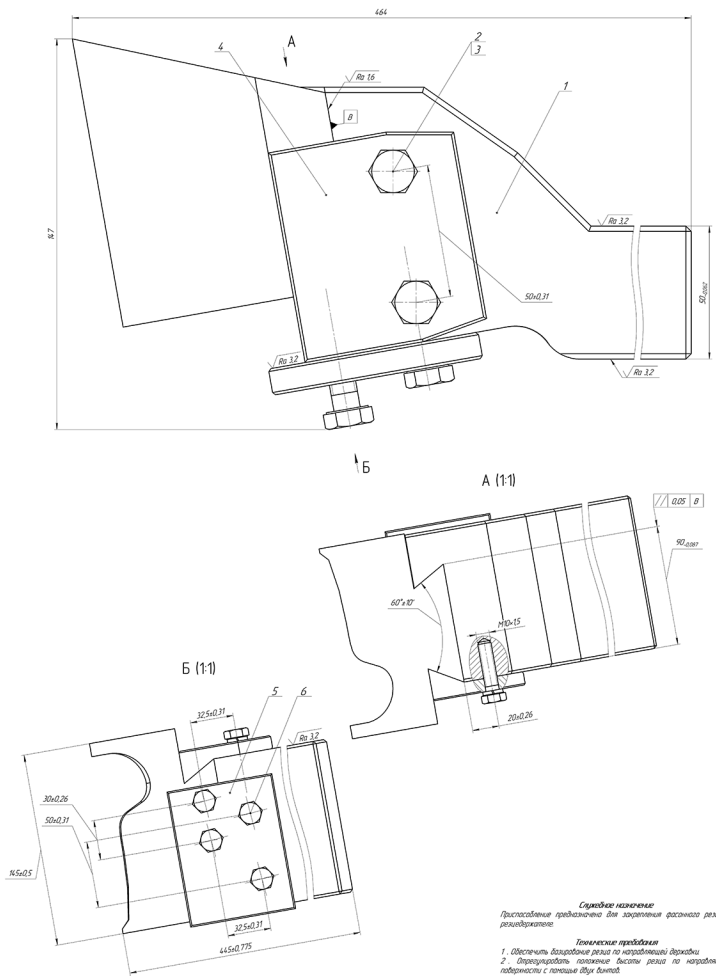


Способы изготовления
Приспособление предназначено для обработки режущей кромки стальной пластины резной профилированной кромки базовой и конической

Технические требования
1. * Размеры для справок
2. Обеспечить базирование стальной пластины на опорной поверхности
3. Обеспечить заточку режущей кромки вала с усилием 425 Н

2304.021.95.1000.05				Лист	1	Из всего	1000000
Исполн.	М.И.Иванов	М.И.Иванов	М.И.Иванов	Лист	1	Из всего	1000000
Провер.	М.И.Иванов	М.И.Иванов	М.И.Иванов	Лист	1	Из всего	1000000
Контр.	М.И.Иванов	М.И.Иванов	М.И.Иванов	Лист	1	Из всего	1000000
Взам.	М.И.Иванов	М.И.Иванов	М.И.Иванов	Лист	1	Из всего	1000000

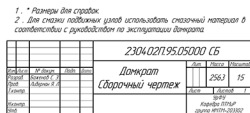
2304-02195-12000



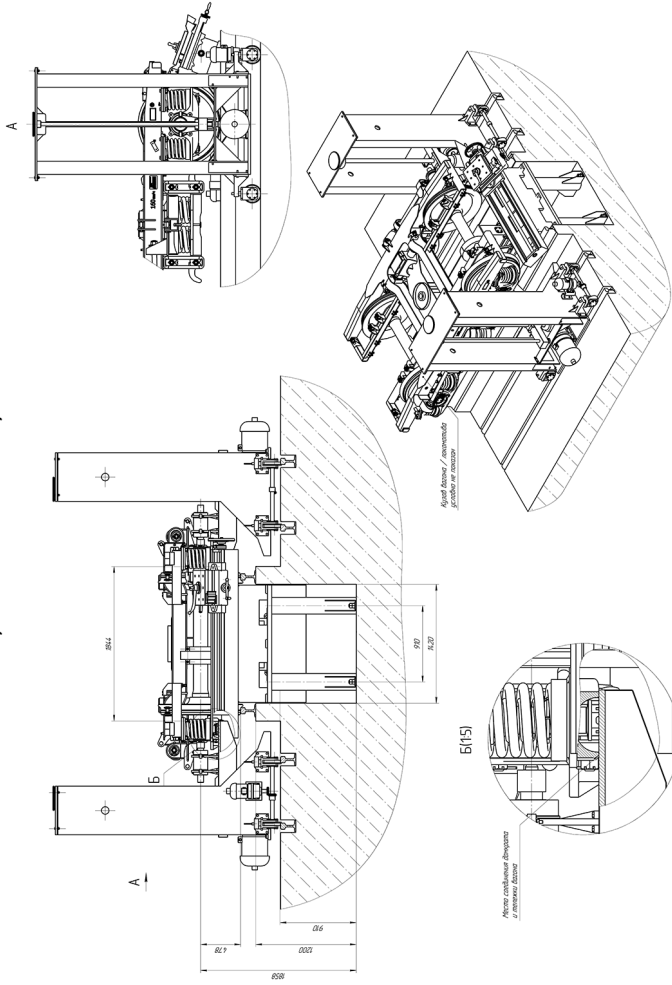
Смодельное изображение:
Приспособление предназначено для изготовления фасочного реза в резидвиркате.

Технические требования
1. Обеспечить выработку реза по неглубокой поверхности.
2. Обеспечить точность фаски реза по неглубокой поверхности с помощью штифта.

2304-02195-12000					
Исполн.	В.И.И.	М.И.И.	М.И.И.	М.И.И.	М.И.И.
Дата	27	21			
Содерж.	Сборочный чертеж				
Содерж.	Сборочный чертеж				
Сод.	Сборочный чертеж				

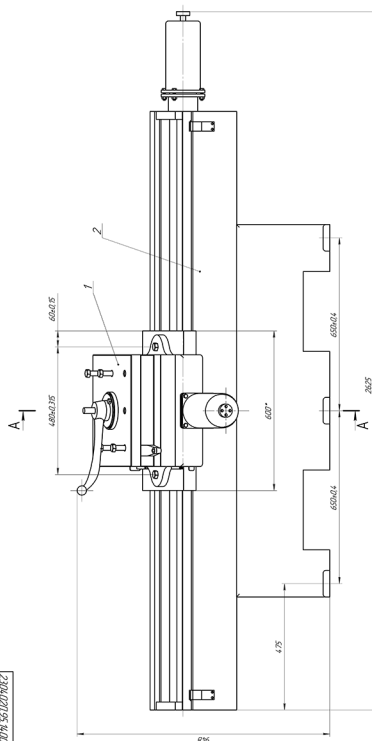


Υατρουίστμο θ σδρε. Οδωνών βυθ

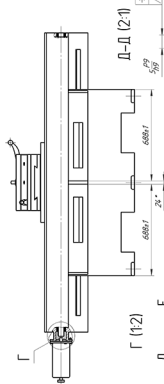


Установка платформы в смотровой яме дпо (1:10)

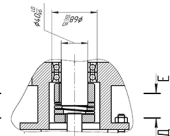
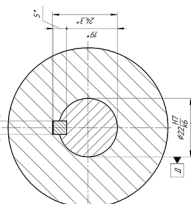
[illegible]



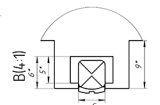
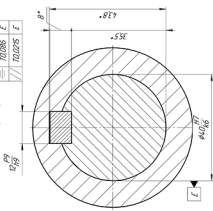
Вид создау (1:10)



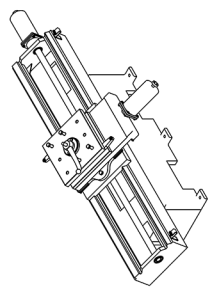
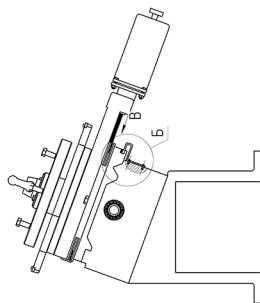
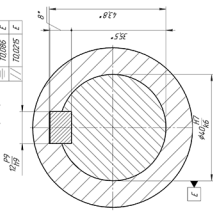
Π-Π (2:1)



E-E (2:1)

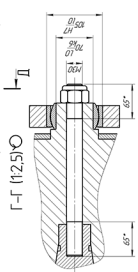
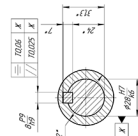
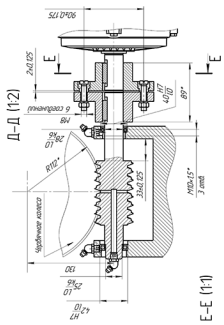
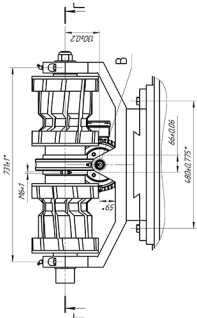
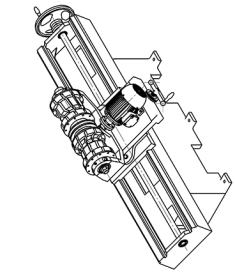


Q	Y	W
---	---	---



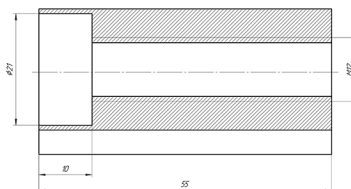
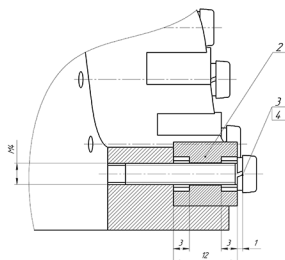
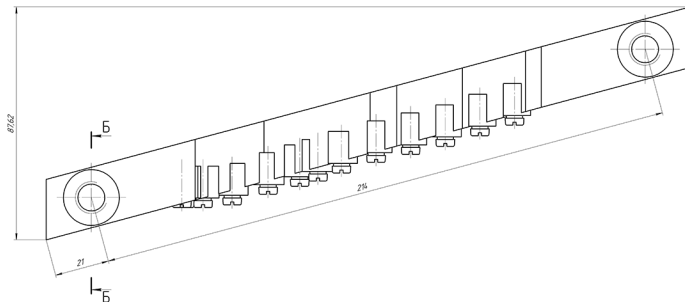
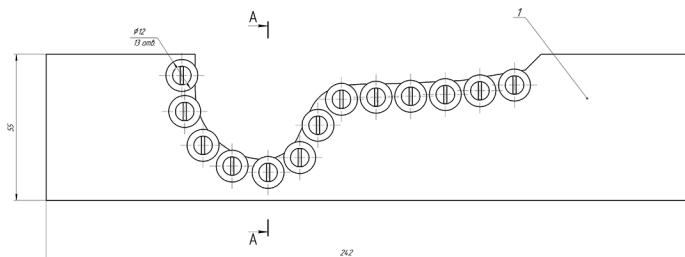
1. Размер для печати
2. Определить номер заявки/размер соединительного кабеля
3. РР 3702131-89
4. Подтверждение упол. при сборе заявки/связи/Автом.

[illegible]

[illegible]

1. *Размеры для справки
2. Ссылку черной перемены производить желательно с помощью Управления страны, уполномочен не полагаться

[illegible]



2. Неуказанные предельные отклонения H_{14} , $h_{14} \pm \frac{H_{14}}{3}$

[illegible]

Научное издание

Либерман Яков Львович и Баженов Сергей Эдуардович

**Новое оборудование
для механической обработки колесных пар
вагонов и локомотивов без выкатки**

Корректор: Н. Писковитина
Оригинал-макет: О. Никитин
Дизайн обложки: И. Фамилия



ISBN 978-5-9965-2410-5

Подписано в печать 10.07.2022
Гарнитура PT Serif.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат издания 60х84/16. Усл. печ. л. 8,05.
Тираж 50 экз. Заказ № 6814.

BooksNonStop
www.booksnonstop.ru

Для заметок

Для заметок

Для заметок