

# **Цинтиам**

**ОС-IV** ТРАНСПОРТНОЕ  
МАШИНОСТРОЕНИЕ

**НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ  
ТРАНСПОРТЕРОВ**

Л. Д. КУЗЬМИЧ

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ  
ТРАНСПОРТЕРОВ

ОБЗОР

Железнодорожные транспортеры—специальный вид подвижного состава, обеспечивающий потребности народного хозяйства в перевозках тяжеловесных и негабаритных грузов.

В обзоре отражено состояние парка железнодорожных транспортеров, приведены характеристики и описания новых конструкций, разработанных и построенных в последние годы в СССР и зарубежных странах.

Даны рекомендации по улучшению конструкций транспортеров разных типов, а также основные направления их развития и совершенствования.

Обзор предназначен для инженерно-технических работников, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией железнодорожного подвижного состава.

Научный редактор *К. П. СТУДНИЦЫНА*

## ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожные транспортеры—это специальный вид подвижного состава, предназначенный для перевозки тяжеловесных, крупногабаритных и негабаритных грузов. Номенклатура грузов, перевозимых на транспортерах, в основном представляет собой продукцию тяжелой промышленности. В условиях непрерывного роста производства особенно важно для развития народного хозяйства нашей страны своевременно обеспечивать эти перевозки.

Парк транспортеров наших железных дорог характеризуется большой многотипностью, которая объясняется историческими условиями его формирования. Общее количество типосерий транспортеров достигает пятидесяти, что естественно усложняет их обслуживание, ремонт и организацию перевозок. Имеющиеся в эксплуатационном парке Министерства путей сообщения транспортеры различны по своей конструктивной схеме, грузоподъемности, осности, оформлению отдельных узлов, способу погрузки и крепления груза и т. д. Большое количество транспортеров, находящихся в эксплуатации, устаревших конструкций.

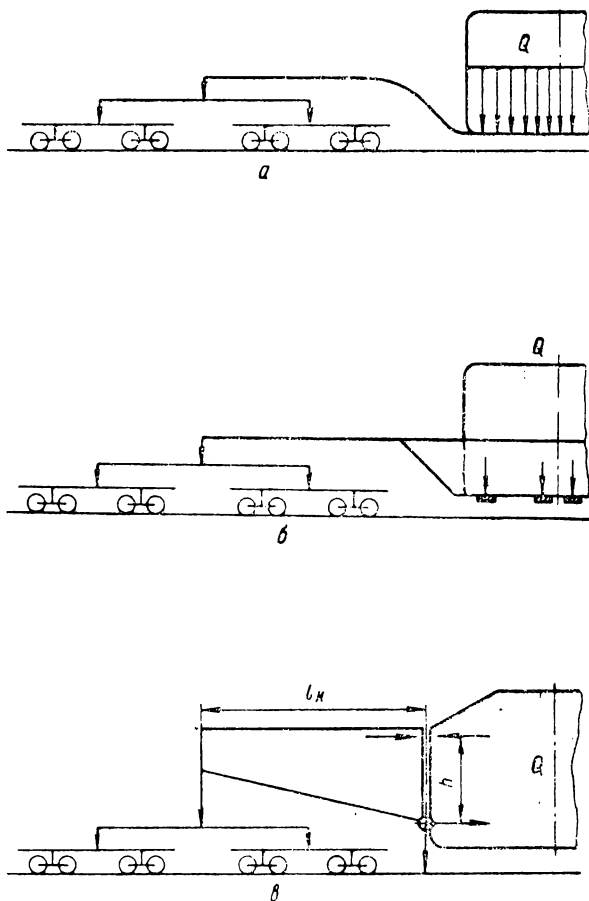
В последние годы Министерством путей сообщения совместно с промышленными предприятиями активно решается вопрос обновления и пополнения парка транспортеров. Промышленностью транспортного машиностроения разработан ряд новых конструкций и освоен выпуск транспортеров грузоподъемностью от 110 до 300 т.

По конструкции железнодорожные транспортеры можно классифицировать на ряд типов: платформенные, колодцеобразные и сочлененные.

Транспортеры платформенного типа имеют плоскую погрузочную площадку. На таких транспортерах перевозят грузы и изделия широкой номенклатуры. Они могут быть подразделены на две подгруппы: транспортеры с пониженной погрузочной площадкой и типа платформы. Первые имеют прогнутую главную несущую балку, опущенную вниз в средней части, для перевозки грузов большой высоты, вторые—прямую главную балку.

Особенность конструкции транспортеров колодцеобразного типа в том, что их главная несущая балка состоит из двух продоль-

ных боковых элементов, связанных по концам шкворневыми (пятниковыми) балками, а в средней части (между тележками) — соединенных внизу рядом поперечных балок, которые могут быть либо жестко установленными, либо передвижными. Перевозимый



Фиг. 1. Схема конструкции и нагружения транспортеров:  
 а — платформенного типа; б — колодезобразного типа; в — соединенного типа

груз размещают в нише («колодце») главной балки так, чтобы он опирался на поперечные балки. Благодаря этому высота перевозимого груза может быть значительно большей, чем на транспортерах платформенного типа. В то же время ширина груза ограничивается расстоянием между продольными элементами главной балки. На колодезобразных транспортерах перевозят рабочие ко-

леса гидротурбин, бандажи, обечайки, маховики, планшайбы и другие грузы.

На фиг. 1 приведены схемы конструкции и ее нагружения для трех указанных типов транспортеров.

Отличительная особенность сочлененных транспортеров — «разъемность» их главного несущего строения. Перевозимый груз подвешивают на специальных шарнирах между раздвигаемыми половинами транспортера и он защемляется в них под действием силы тяжести и включается в несущую конструкцию транспортера. В связи с этим при проектировании грузов, предназначенных для перевозок на сочлененных транспортерах, прочность их корпусов необходимо рассчитывать с учетом усилий, действующих при транспортировании.

На сочлененных транспортерах в СССР и за рубежом перевозят два основных вида грузов: мощные трансформаторы и статоры турбогенераторов. Так как груз перевозят в подвешенном состоянии, его высота отличается от предельной высоты габарита подвижного состава только на величину минимально необходимого зазора от нижней точки груза до рельсового пути.

## **ТРАНСПОРТЕРЫ ПЛАТФОРМЕННОГО ТИПА**

Наиболее распространена конструкция транспортеров платформенного типа. На железнодорожной сети СССР имеется несколько десятков типосерий таких транспортеров грузоподъемностью от 29 до 230 т.

Сфера применения транспортеров платформенного типа наиболее разнообразна, так как их конструкция не накладывает на перевозимый груз никаких дополнительных ограничений (кроме габаритных и по грузоподъемности). Размеры погрузочной площади транспортеров и высота ее поверхности от уровня головок рельсов определяют предельные размеры груза, который может быть перевезен по габаритным условиям. В связи с этим при проектировании подобных транспортеров стремиться создавать погрузочную площадку возможно большей длины и, в то же время, с минимальной высотой ее положения. По прочностным соображениям эти параметры оказываются тесно связанными, поэтому их выбор должен основываться на оптимальном соотношении.

### **Платформенные транспортеры отечественной постройки**

В последние годы проектируют и строят железнодорожные транспортеры в основном на Луганском тепловозостроительном заводе им. Октябрьской революции. Спроектированы и построены партии транспортеров платформенного типа грузоподъемностью 110, 130,

150, 180, 220 и 230 т. Все они относятся к типу транспортеров с пониженной погрузочной площадкой. Транспортеры грузоподъемностью 130, 180 и 230 т в настоящее время не выпускают. Однако в эксплуатационном парке МПС их еще довольно много.

Принципиальная схема конструкций главных балок этих транспортеров аналогична. Главные балки имеют изогнутую форму и образованы пятью продольными элементами двутаврового профиля, составленными из листового проката. Верхние пояса этих элементов объединены стальными листами пологого настила. Узлы перегиба главных балок выполнены с небольшим радиусом закругления и подкреплены специальными устройствами: в верхних узлах установлены стальные подушки, стянутые мощными болтами, в нижних—распорные ребра.

Транспортер грузоподъемностью 130 т—двенадцатиосный. Его главная балка опирается на концевые балки, каждая из которых в свою очередь опирается на одну четырехосную и одну двухосную тележки конструкции Луганского завода. На концевых балках установлены тормозные будки и расположено автосцепное и тормозное оборудование.

Транспортер грузоподъемностью 180 т—шестнадцатиосный, его главная балка через две концевые опирается на четыре четырехосных тележки.

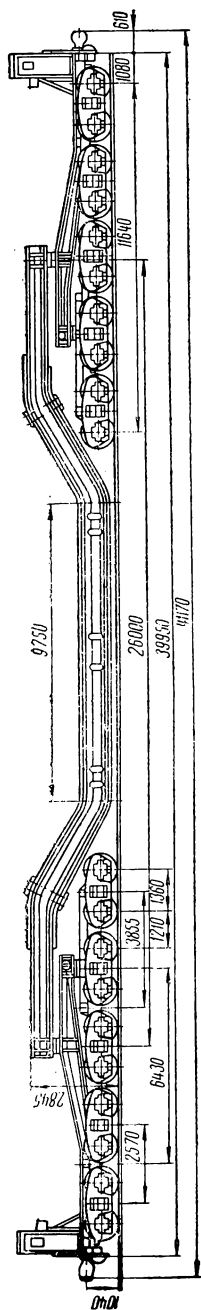
Транспортер грузоподъемностью 230 т имеет двадцать осей. Его главная балка опирается на концевые балки изогнутой формы. Каждая концевая балка одним концом опирается на промежуточную балку, объединяющую четырехосную и двухосную тележки, а другим—на четырехосную тележку (фиг. 2).

Основные технические характеристики этих транспортеров приведены в табл. 1.

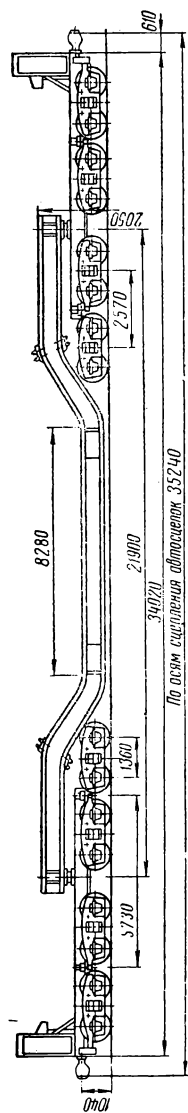
Т а б л и ц а 1

Основные технические данные	Грузоподъемность, т		
	130	180	230
Количество осей	12	16	20
Вес тары, т	98	162	208
Длина по осям сцепления автосцепок; мм	27040	35240	41170
База транспортера (расстояние между центрами пятников главной балки), мм	17000	21900	26000
Длина опущенной погрузочной площадки, мм	7000	8280	9750
Ширина погрузочной площадки, мм	2400	2400	2400
Высота погрузочной площадки от уровня головки рельса, мм	700	940	1154
Давление от оси груженого транспортера на рельсы, т	19,0	21,4	21,9





Фиг. 2. Общий вид сочлененного двадцатитонного транспорта грузоподъемностью 230 т



Фиг. 3. Общий вид транспорта платформенного типа грузоподъемностью 220 т.



В настоящее время выпускают транспортеры платформенного типа грузоподъемностью 110 и 150 и 220 т.

Луганским тепловозостроительным заводом выпускаются шестнадцатитонные транспортеры платформенного типа грузоподъемностью 220 т с опущенной погрузочной площадкой (фиг. 3). Эта конструкция создана на базе шестнадцатитонных транспортеров грузоподъемностью 180 т. Увеличение подъемной силы транспортера достигнуто за счет изготовления главной несущей балки из низколегированной стали повышенной прочности.

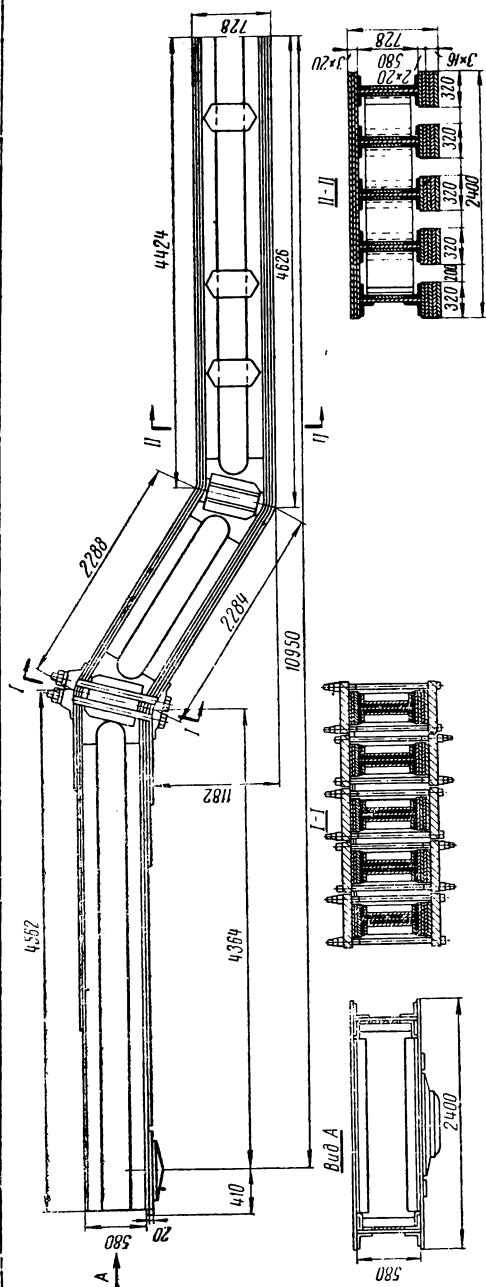
Главная несущая балка транспортера через сферические пятники опирается на две промежуточные балки, каждая из которых в свою очередь опирается при помощи плоских пятников на две четырехосные тележки специальной конструкции. Главная несущая балка представляет собой изогнутый брус клепанной конструкции с постоянной по всей длине внутренней высотой сечения. Средняя опущенная горизонтальная часть балки длиной 8848 мм служит погрузочной площадкой. Балка образована пятью продольными элементами двутаврового профиля, которые в изогнутой части перекрыты сверху сплошным настильным пакетом из трех листов толщиной 20 мм каждый.

Вертикальные стенки двутавровых элементов имеют толщину 12 мм, нижние полки выполнены в виде пакета из пяти листов ( $3 \times 16 + 2 \times 20$  мм) шириной 320 мм. Вертикальные и горизонтальные элементы сечения связаны уголковыми профилями размером  $150 \times 150 \times 16$  мм.

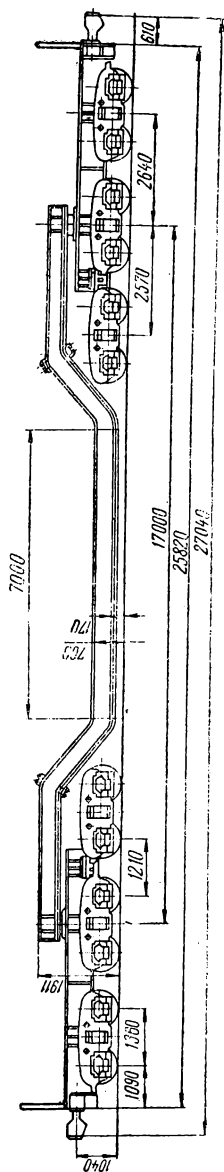
Ширина главной несущей балки постоянна по всей ее длине и равна 2400 мм. Продольные ее элементы подкреплены рядом поперечных ребер, а по концам балки связаны поперечными элементами коробчатого сечения, на которых располагаются сферические пятниковые опоры и скользуны. Места перегиба главной несущей балки выполнены с радиусом закругления 200 мм. Зона верхнего перегиба усилена двумя стальными подушками, стянутыми болтами диаметром 64 мм. Зона нижнего перегиба подкреплена распорными ребрами. Материал прокатного металла, из которого изготовлены основные элементы главной балки—низколегированная сталь марок 15ХСНД и НЛ-2 (ГОСТ 5058—57). Заклепочные соединения выполнены заклепками диаметром 22 мм. Схема конструкции главной балки показана на фиг. 4.

Промежуточные балки транспортера—клепанной конструкции, коробчатого сечения. На их концах расположены тормозные будки, а на лобовых брусках предусмотрена возможность установки буферов. Типовая автосцепка СА-3 установлена на промежуточных балках.

Под транспортером установлены четыре четырехосные тележки конструкции Луганского тепловозостроительного завода. Каждая из них включает две двухосные тележки с базой 1360 мм, имеющие литые боковые рамы и надрессорные балки. Рессорное подвешивание тележек состоит из двухрядных винтовых пружин (по 5



Фиг. 4. Схема конструкции главной балки транспортера грузоподъемностью 220 т



Фиг. 5. Схема транспортера грузоподъемностью 150 т.

пружин в комплекте). Две двухосные тележки соединены двумя продольными балками, опирающимися на надрессорные балки. В средней части продольные балки соединены поперечной шкворневой балкой, на которой расположен подпятник четырехосной тележки. База четырехосной тележки—2570 мм.

#### Основные технические данные транспортера

Грузоподъемность, т	220
Вес тары, т	162
Общее количество осей	16
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	35240
Расстояние между пятниками главной балки, мм	21900
Длина погрузочной площадки, мм	8848
Ширина погрузочной площадки, мм	2400
Высота погрузочной площадки от головок рельсов (в груженом состоянии), мм	940
Давление от оси на рельсы, т	23,9

На базе конструкции двенадцатиосного транспортера грузоподъемностью 130 т создан транспортер грузоподъемностью 150 т. Увеличение грузоподъемности транспортера достигнуто без существенных изменений конструкции его элементов за счет применения для изготовления главной балки низколегированной стали повышенной прочности марки 15ХСНД взамен обычной малоуглеродистой. Все основные параметры этого транспортера такие же, как у его прототипа, за исключением величины осевой нагрузки, которая увеличена до 20,65 т. Схема конструкции транспортера грузоподъемностью 150 т показана на фиг. 5.

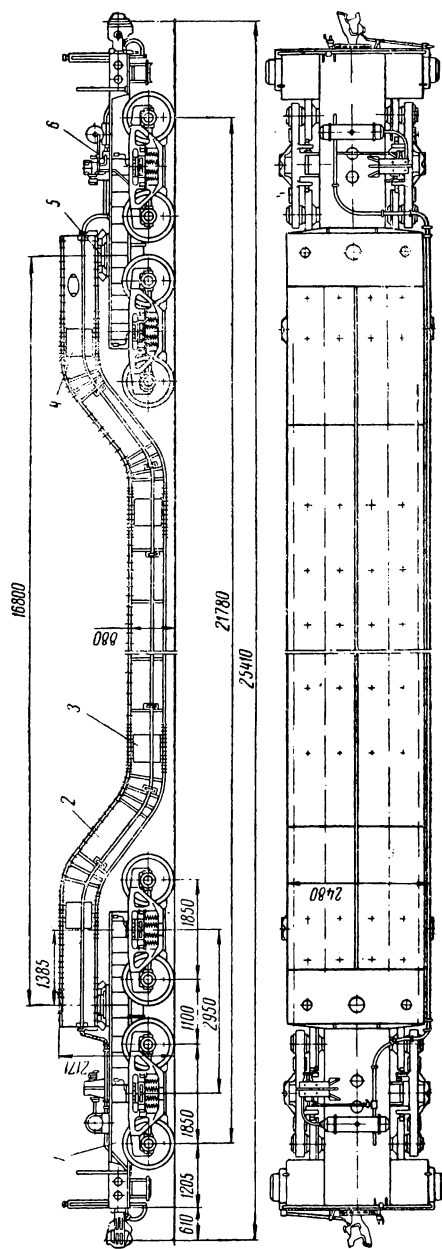
В настоящее время на Луганском тепловозостроительном заводе по просьбе МПС решается вопрос замены специальных тележек транспортеров грузоподъемностью 220 и 150 т типовыми тележками грузовых вагонов. Оборудование транспортеров типовыми вагонными тележками значительно упростит их обслуживание во время эксплуатации и ремонта.

Луганский тепловозостроительный завод по заказу МПС разработал проект восьмиосного транспортера грузоподъемностью 110 т с пониженной погрузочной площадкой.

Эти транспортеры строят три завода: Днепропетровский металлоконструкций изготавливает главную балку, Крюковский вагоностроительный—концевые балки и тележки, Попаснянский вагоноремонтный—производит сборку транспортеров.

Транспортер грузоподъемностью 110 т (фиг. 6) состоит из главной несущей балки, опирающейся на две концевые, каждая из которых в свою очередь опирается на две двухосные тележки.

Главная балка этого транспортера представляет собой изогнутый брус смешанной сварно-клепаной конструкции. Она состоит из пяти продольных сварных двутавровых элементов (сечение вертикальной стенки 618×16 мм, полка—300×30 мм), связанных между



Фиг. 6. Схема конструкции восьмисносного транспортера грузоподъемностью 110 т:

1 — концевая балка; 2 — главная несущая балка; 3 — стяк в зоне нижнего перегиба; 4 — стяк в зоне верхнего перегиба; 5 — главный пятник; 6 — тормозное оборудование

с собой промежуточными диафрагмами с концевыми поперечными элементами коробчатого сечения. Каркас балки перекрыт сверху настильным листом толщиной 22 мм, соединяемым с двутаврами при помощи заклепок. Высота сечения главной балки—694 мм, длина опущенной горизонтальной части—7840 мм, ширина балки по настильному листу—2480 мм.

Характерная особенность главной балки транспортера грузоподъемностью 110 т заключается в применении больших радиусов искривления ее в местах перегибов для снижения напряженности этих зон. Известно, что напряжения в местах перегибов, как правило, определяют прочность главной балки транспортеров. При высоте сечения 694 мм величина радиусов изгиба балки принята равной 1400 мм. Таким образом отношение радиуса к высоте составило больше двух.

На транспортерах первого выпуска продольные элементы главной балки стыковали по длине из пяти частей: из двух концевых горизонтальных участков, двух наклонных и среднего горизонтального. В связи с этим в зоне верхнего и нижнего перегибов главная балка имела заклепочные стыки.

На транспортерах последующего выпуска по рекомендациям ВНИИ вагоностроения, сделанным в результате испытаний опытного образца, стыки в зоне верхнего перегиба устранены (т. е. балку по длине изготавливают теперь из трех частей), что позволило снизить ее вес примерно на 3 т.

На концевых поперечных элементах главной балки установлены сферические пятники и скользуны. Все основные элементы ее конструкции изготовлены из низколегированной стали 09Г2 (ГОСТ 5058-57).

Концевые балки транспортера грузоподъемностью 110 т цельносварной конструкции, изготовлены из обычной стали Ст. 3 (ГОСТ 380—60). Каждая концевая балка состоит из двух сварных продольных двутавров, перекрытых сверху и снизу поясными листами толщиной 16 и 20 мм. На верхнем листе в средней части балки расположены сферические подпятник главной балки и скользуны. На нижнем листе—укреплены пятники тележек, расстояние между которыми (база четырехосной тележки) составляет 2950 мм.

На лобовом брусce концевой балки оборудована тормозная площадка с подножками, поручнями и перилами. Конструкция бруса предусматривает возможность установки буферов. Концевая балка оборудована типовой автосцепкой СА-3. Каждая концевая балка опирается на две типовые вагонные тележки ЦНИИ-ХЗ-0 с роликовыми буксами.

#### Основные технические данные транспортера

Грузоподъемность, т	110
Вес тары (после модернизации главной балки), т	66
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	25410

Расстояние между центрами пятников главной балки, мм	16800
Длина погрузочной площадки, мм	7840
Ширина погрузочной площадки, мм	2480
Высота погрузочной площадки от уровня головки рельса (для груженого транспорта), мм	880
Количество осей	8
Давление от оси на рельс, т	22

Тензометрические испытания головного образца транспорта грузоподъемностью 110 т, проведенные ВНИИ вагоностроения, показали, что главная несущая балка обладает повышенным запасом прочности и может быть существенно облегчена; кроме того она конструктивно недостаточно совершенна.

К несовершенству конструкции главной балки следует отнести постоянство размеров ее сечения по длине, хотя расчеты и результаты тензометрирования свидетельствуют о возможности значительного облегчения концевых участков ее без ущерба для прочностной надежности. Сечение главной балки в прочностном отношении несимметрично относительно горизонтальной оси. Момент сопротивления сечения по верхним волокнам более чем вдвое превосходит момент сопротивления по нижним волокнам, в связи с чем металл, заложенный в верхней части сечения балки, плохо используется.

Анализ показал, что только за счет более рационального конструирования главной балки вес транспорта может быть снижен на 3,5 т.

Недостаточная экономичность конструкции главной балки обусловлена также несовершенством технологии ее изготовления, в частности наличием заклепочных стыковых соединений. По рекомендации ВНИИ вагоностроения заводы-изготовители исключили из конструкции балки заклепочные стыки в зоне верхнего перегиба, благодаря чему вес балки удалось понизить, примерно, на 3 т. В связи с этим вес тары выпускаемых транспортеров грузоподъемностью 110 т уменьшился с 69 (у опытного образца) до 66 т.

В процессе испытаний была выявлена также значительная концентрация напряжений в отверстиях на нижнем поясе концевой балки транспорта, в связи с чем оказалось необходимым произвести местное усиление (армировку) этих зон балки. В то же время по общей прочности концевая балка была признана удовлетворительной.

Недостаточно широко применена в конструкции транспорта низколегированная сталь. В частности, концевые балки изготовлены из обычной стали Ст. 3. Применение для их изготовления более прочной низколегированной стали позволило бы снизить вес тары транспорта не менее чем на 1 т.

Осуществление всех изложенных рекомендаций позволит уменьшить вес тары транспорта грузоподъемностью 110 т примерно до 60 т при одновременном увеличении его грузоподъемности до

115 т и сохранении величины осевой нагрузки в пределах 22 т. Кроме того, в результате этих мероприятий несколько уменьшится высота положения погрузочной площадки.

Ходовые динамические испытания транспортера грузоподъемностью 110 т, показали, что его ходовые качества вполне удовлетворительны; коэффициент динамической перегрузки главной балки при скоростях движения до 110 км/ч не превосходил 0,21.

Несмотря на отмеченные недостатки, конструкция транспортера грузоподъемностью 110 т по своим эксплуатационным качествам удовлетворительна.

### **Платформенные транспортеры зарубежной постройки**

Большим и разнообразным парком транспортеров платформенного типа располагают железные дороги США. Характерная особенность производства транспортеров в США—широкое применение цельнолитых главных балок. Такие балки изготовляют для транспортеров различной грузоподъемности и осности; в некоторых случаях они имеют весьма внушительные размеры (длина отливки достигает 20 м).

Сварные конструкции транспортеров выполняют, как правило, из высокопрочных сталей, что позволяет достигать выгодных весовых характеристик. Благодаря допускаемым повышенным давлениям от колесных пар на рельсы (до 30 т) конструктивные схемы американских транспортеров более просты, чем транспортеров аналогичной грузоподъемности постройки СССР и стран Западной Европы. В частности, транспортеры подъемной силой до 130—140 т в США нередко выполняют шестиосными, тогда как такие же транспортеры в других странах (в том числе и в СССР) имеют не менее 8—10 осей, что неизбежно увеличивает вес тары и усложняет конструкцию.

Транспортеры платформенного типа в европейских странах изготавливают преимущественно сварной конструкции на специальных многоосных тележках. Их несущие элементы выполняют обычно из сталей повышенной прочности.

Величины осевых нагрузок у таких транспортеров, как правило, не превышает 20 т/ось, то есть несколько ниже, чем у транспортеров отечественной постройки.

В табл. 2 приведены основные технические характеристики некоторых транспортеров платформенного типа зарубежной постройки.

Из приведенных в таблице транспортеров часть относится к платформенным с прямой главной балкой, а часть—к транспортерам с пониженной погрузочной площадкой. В качестве примера на фиг. 7 и 8 показаны схемы конструкции французского транспортера грузоподъемностью 150 т с пониженной погрузочной площадкой и транспортера грузоподъемностью 200 т, построенного в ФРГ.



Таблица 2

Страна изготовитель	Грузоподъемность, т	Число осей	Вес тары, т	Коэффициент тары	Высота погрузочной площадки от головки рельса, мм	Длина по осям сцепления автосцепок, мм	Длина погрузочной площадки, мм	Давление от оси на рельс, т	Колесная формула	Исполнение несущей конструкции (главной балки)
США	225	12	80,4	0,35	1269	17665	—	25,4	3+3+3+3	Цельнолитая
"	159,3	8	66,6	0,418	622	2256	7320	27,0	2+2—2+2	Цельно-сварная
"	226,8	10	—	—	933	26700	8700	—	3+2—2+3	Цельнолитая
"	274	12	64	0,245	1260	18440	—	28,4	3+3—3+3	Цельно-сварная
Франция	150	12	92	0,61	970	32500	7000	20,2	1+4+1—1+ +4+1	"
ПНР	120	8	52	0,434	780	—	7500	21,5	2+2—2+2	"
ГДР	180	16	149	0,83	1200	39100	—	20,6	4+4—4+4	"
ФРГ	200	14	80	0,4	1500	34000	3000	20,0	7—7	"
Бельгия	125	10	68	0,54	—	26000	—	19,3	2+3—3+2	"

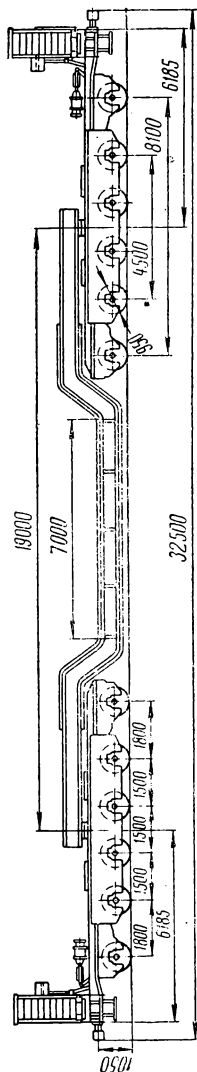
Как видно из табл. 2, коэффициент тары зарубежных транспортеров платформенного типа колеблется в широких пределах и составляет от 0,245 (у американского транспортера с прямой балкой грузоподъемностью 274 т) до 0,83 (у транспортера аналогичной схемы постройки ГДР грузоподъемностью 180 т).

Из транспортеров с пониженной погрузочной площадкой наиболее выгодны в весовом отношении конструкции польского транспортера грузоподъемностью 120 т, коэффициент тары которого составляет 0,434, и транспортера, построенного в США грузоподъемностью 159,3 т, у которого коэффициент тары 0,418.

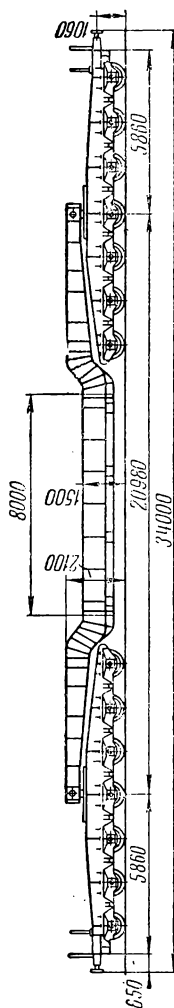
Несущие элементы конструкции транспортера грузоподъемностью 120 т, построенного в ПНР, выполнены из стали 18Г2А, которая обладает почти на 30% более высокими прочностными показателями, чем отечественная сталь 09Г2. Главная балка транспортера ФРГ грузоподъемностью 200 т изготовлена из стали St. 52, которая также примерно на 15% прочнее стали 09Г2.

В СССР стали с таким высоким содержанием углерода (0,18%) не рекомендованы для конструкций подвижного состава так как несмотря на повышенную статическую прочность они существенно не повышают вибрационную прочность сварных соединений и к тому же гораздо труднее свариваются.

При сравнительной оценке транспортеров следует учитывать различия в нормативах прочности их конструкций, принятые в разных странах.



Фиг. 7. Схема конструкции транспортного грузоподъемностью 150 т, построенного во Франции



Фиг. 8. Схема конструкции транспортного грузоподъемностью 200 т, построенного в ФРГ

Подробные данные о конструкциях зарубежных транспортеров, которые позволили бы сделать соответствующий анализ, к сожалению отсутствуют. Однако можно полагать, что некоторые из зарубежных конструкций проектируют по менее жестким нормам расчетных усилий и запасов прочности по сравнению с принятыми в нашей стране.

## ТРАНСПОРТЕРЫ КОЛОДЦЕОБРАЗНОГО ТИПА

Транспортеры колодцеобразного типа применяют для перевозки грузов, имеющих большую высоту и, в связи с этим, не пригодных для перевозки на платформенных транспортерах. В то же время ширина этих грузов ограничена шириной колодца главной балки. На таких транспортерах перевозят рабочие колеса гидротурбин, бандажки и обечайки цементных печей, маховики, планшайбы, станины блюмингов и крупных станков и другие подобные грузы.

### Колодцеобразные транспортеры отечественной постройки

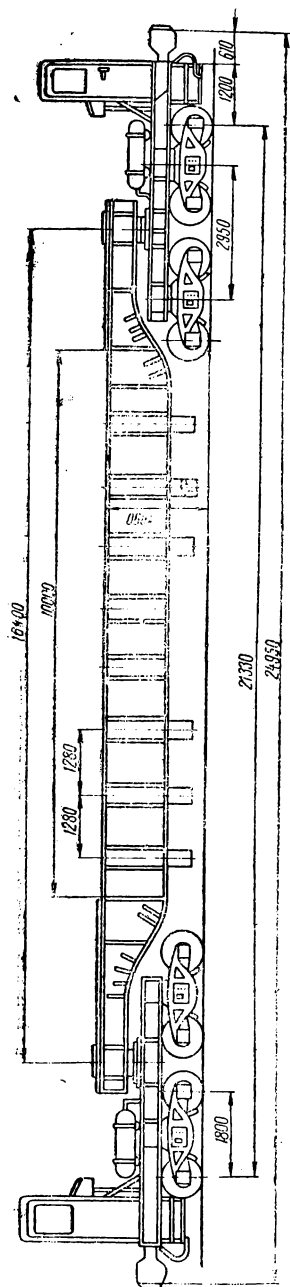
Эксплуатационный парк МПС располагает несколькими типосериями колодцеобразных транспортеров грузоподъемностью от 80 до 115 т. Наиболее современные из них—восьмиосные транспортеры грузоподъемностью 110 т, которые были спроектированы и выпущены Луганским тепловозостроительным заводом (фиг. 9).

Под эти транспортеры устанавливают двухосные тележки типа МТ-50. Колодцевая часть оборудована шестью съемными поперечными балками, которые плоскими опорными поверхностями опираются на нижние горизонтальные полки продольных элементов главной балки.

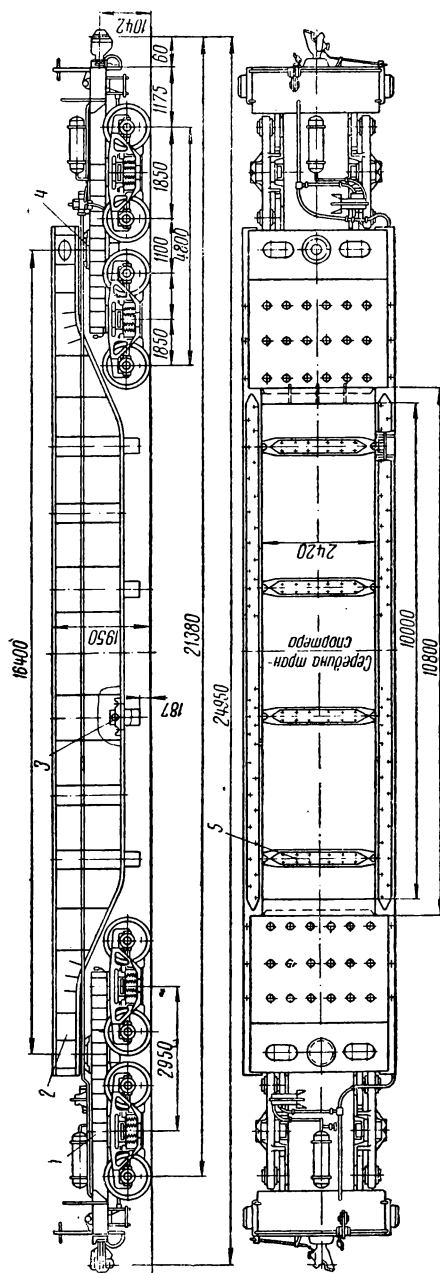
#### Основные технические данные транспортера

Грузоподъемность, т	110
Количество осей	8
Вес тары, т	58,6
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	24950
Расстояние между центрами пятников главной балки, мм	16400
Длина колодцевой части, мм	10000
Ширина колодцевой части, мм	2360
Нагрузка от оси на рельс, т	21,08
Материал несущий конструкции	Сталь Ст. 3

Недостатком колодцеобразного транспортера грузоподъемностью 110 т является то, что затруднены погрузка и крепление круг-



Фиг. 9. Схема конструкции колдцеобразного транспорта грузоподъемностью 110 т



Фиг. 10. Схема конструкции колдцеобразного транспорта грузоподъемностью 120 т;

1 — концевая балка; 2 — главная балка; 3 — шарнирная опора поперечной балки; 4 — главный пятник; 5 — поперечная балка

лых грузов в связи с жесткой (неповоротной) установкой поперечных балок.

В 1961—1962 гг. по заказу МПС на Луганском тепловозостроительном заводе на базе восьмисосного транспортера создан проект транспортера колодцеобразного типа грузоподъемностью 120 т. В 1963 г. Попаснянский вагоноремонтный завод МПС в кооперации с другими предприятиями приступил к постройке таких транспортеров. Схема конструкции транспортера грузоподъемностью 120 т показана на фиг. 10.

Главная несущая балка этого транспортера изготовлена из низколегированной стали 09Г2. Она состоит из двух боковых продольных элементов двутаврового сечения, соединенных рядом поперечных ребер и двумя концевыми элементами коробчатого сечения, на которых размещены сферические пятники. Высота сечения главной балки в концевых частях 586 мм, а в средней части 1540 мм.

Боковые продольные элементы образованы горизонтальными поясами с размерами сечения 45×360 мм и вертикальной стенкой толщиной 16 мм, высота которой переменна. В средней части балки ее пояса усилены дополнительными накладками сечением 20×240 мм. Толщина поперечных ребер 12 и 16 мм. Концевые части балки сверху перекрыты сплошным листом толщиной 12 мм. Колодец балки по продольной оси имеет длину в верхней части 10800, а в нижней—10000 мм. Ширина колодца 2420 мм.

В колодцевой части транспортера на верхней поверхности нижних поясов боковых элементов установлено шесть пар стальных опорных подушек для цапф съемных поперечных балок. Две средние пары подушек имеют по три гнезда, остальные — по одному.

Транспортер оборудован четырьмя съемными поперечными балками с цилиндрическими цапфами диаметром 150 мм. В зависимости от размеров перевозимых изделий поперечные балки можно переставлять на различные пары подушек. Главная балка транспортера через сферические пятники опирается на две концевые балки, которые в свою очередь опираются на четыре типовые двухосные тележки ЦНИИ-ХЗ-0. Концевые балки по своей конструкции унифицированы с аналогичными балками транспортера платформенного типа с пониженной погрузочной площадкой грузоподъемностью 110 т.

Транспортер оборудован типовой автосцепкой СА-3, автоматическим тормозом с воздухораспределителем МТЗ-270 и ручным тормозом.

В 1963 г. ВНИИ вагоностроения проводил прочностные и ходовые испытания опытного образца такого транспортера.

#### Основные технические данные транспортера

Грузоподъемность, т	120
Количество осей	8
Вес тары, т	55,5
Длина по осям сцепления автосцепом, мм	24950

Расстояние между пятниками главной балки, мм	16400
Длина колодезной выемки, мм;	
по верху . . . . .	10800
по низу . . . . .	10000
Ширина колодезной выемки, мм	2420
Нагрузка от оси на рельс, т .	21,95

В связи с расширением объема перевозок крупногабаритных грузов Министерством путей сообщения принято решение о необходимости постройки колодезобразных транспортеров грузоподъемностью 180 т. Проект такого транспортера в настоящее время разрабатывается.

### Колодезобразные транспортеры зарубежной постройки

Колодезобразные транспортеры менее распространены за рубежом по сравнению с платформенными, в связи с чем о них мало сведений.

В табл. 3 приведены некоторые технические данные о конструкциях транспортеров колодезобразного типа постройки США.

Таблица 3

Грузоподъемность, т	Число осей	Вес тары, т	Длина колодезца, мм	Ширина колодезца, мм	Длина по осям сцепления автосцепок, мм
87,7	4	24,8	5131	2286	11963
112,5	6	—	10668	2336	—
81	4	28,7	7727	2438	14452 (по раме)

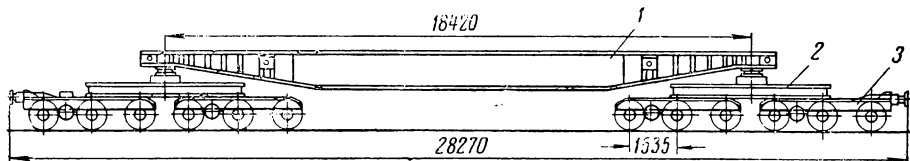
Данные таблицы позволяют установить, что величина осевых нагрузок у американских транспортеров колодезобразного типа составляет 27,5—28 т, то есть характерна тенденция применения повышенных осевых нагрузок. Необходимо отметить, что благодаря применению повышенных величин осевых нагрузок транспортеры США имеют более простую конструктивную схему и, следовательно, меньший вес тары, чем наши отечественные и западноевропейские равной грузоподъемности. Например, американский транспортер грузоподъемностью 112,5 т выполнен шестиосным, тогда как отечественные транспортеры такой грузоподъемности имеют не менее 8 осей.

На фиг. 11 показана схема конструкции двенадцатиосного колодезобразного транспортера Британских железных дорог, предназначенного для перевозки трансформаторов.

Особенность конструкции этого транспортера—отсутствие поперечных балок. Перевозимый груз располагается в колодез главной балки и специально предусмотренными в конструкции груза

кронштейнами опирается на ее боковые продольные элементы, то есть перевозится в подвешенном состоянии. Грузоподъемность транспортера 136 т, вес тары 73,7 т.

Ходовые части транспортера состоит из четырех трехосных тележек с жесткой рамой. База трехосной тележки составляет около 3070 мм. Две трехосные тележки каждого конца транспортера



Фиг. 11. Схема колдцеобразного транспортера грузоподъемностью 136 т, построенного в Англии:

1 — главная балка; 2 — концевая балка; 3 — трехосные тележки

объединены промежуточной балкой. Буферные устройства и сцепка смонтированы непосредственно на рамах концевых тележек.

Транспортер оборудован механизмом поперечного перемещения, с помощью которого можно сдвигать главную балку с грузом на расстоянии до 300 мм в любую сторону от продольной оси транспортера.

## ТРАНСПОРТЕРЫ СОЧЛЕНЕННОГО ТИПА

У широко распространенных на железных дорогах СССР и зарубежных стран транспортеров, представляющих многоосные платформы с несущим строением балочного типа, перевозимый груз размещается либо на погрузочной площадке (транспортеры платформенного типа), либо в нише главной балки (колдцеобразные транспортеры). В первом случае значительная высота сечения несущей балки транспортера приводит к тому, что существенно уменьшается предельно возможная высота перевозимого груза. Во втором случае ограниченная ширина погрузочной ниши ограничивает предельную ширину груза. Таким образом, и в тех и в других транспортерах не до конца использованы резервы железнодорожного габарита и ограничена длина перевозимого груза размерами погрузочной площадки.

В то же время развитие производства крупногабаритных машин и агрегатов заставляет изыскивать пути перевозки их по железным дорогам при максимальном использовании возможностей габарита подвижного состава. Для решения этой задачи необходим переход от транспортеров универсальных к специализированным, при проектировании которых должно учитываться определенное изделие-груз, предназначенное для перевозки.



Одна из выгодных конструктивных схем специализированных транспортеров предусматривает включение перевозимого изделия в конструкцию главного несущего строения транспортера как ее необходимого составного элемента. В такой схеме главное несущее строение транспортера—разъемное, то есть состоит из двух сочленяемых половин, между которыми и располагают в подвешенном состоянии (непосредственно, либо с помощью вспомогательных элементов) перевозимый груз. Применение таких сочлененных транспортеров увеличивает габаритные возможности при перевозках грузов. Это позволяет промышленности создавать более мощные и экономические машины, обеспечивая в то же время их транспортабельность. К преимуществу сочлененных транспортеров следует отнести также и то, что нет необходимости в специальном закреплении груза на транспортере.

Транспортеры сочлененного типа в последние годы выпускают как во многих странах Западной Европы, так и в СССР. В большинстве случаев такие транспортеры предназначены для перевозки крупнейших энергетических машин (трансформаторов и турбогенераторов).

### **Сочлененные транспортеры отечественной постройки**

В СССР проектирование и постройка (в кооперации с другими заводами) сочлененных транспортеров производится Луганским тепловозостроительным заводом им. Октябрьской революции.

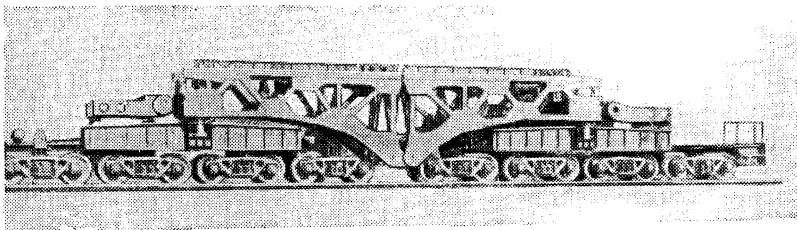
На этом заводе построены опытные образцы железнодорожных транспортеров сочлененного типа грузоподъемностью 220 и 300 т, конструкция которых в значительной степени унифицирована. После всесторонних испытаний и некоторой доработки конструкции эти транспортеры были рекомендованы к серийной постройке.

Сочлененный транспортер грузоподъемностью 220 т состоит из двух пространственных полуферм (консолей), представляющих главное несущее строение транспортера, каждая из которых опирается сферическими пятниками диаметром 620 мм через систему вспомогательных балок на группу из четырех тележек типа ЦНИИ-ХЗ-0. Таким образом, всего под транспортером установлено восемь двухосных тележек, а общее число осей транспортера равно шестнадцати.

Транспортер оборудован съемной специальной несущей балкой, представляющей разборную раму, которая позволяет перевозить изделия-грузы, не имеющие собственных приспособлений (проушин) для сочленения с консолями транспортера. Общий вид шестнадцатиконсольного сочлененного транспортера грузоподъемностью 220 т в порожнем состоянии показан на фиг. 12.

Несущая конструкция транспортера состоит из главного несущего строения (консоли) и вспомогательных балок: концевых,

промежуточных и соединительных. Концевые балки предназначены для спаривания двух крайних двухосных тележек на каждом конце транспортера, а также размещения автосцепного устройства, ручного тормоза и другого оборудования. Промежуточные балки объединяют внутренние пары двухосных тележек транспортера. Соединительные балки объединяют две четырехосные тележечные группы, образованные концевой и промежуточной балкой каждого конца транспортера. Они служат для передачи нагрузки от консолей к тележкам и размещения вспомогательного оборудования.



Фиг. 12. Общий вид сочлененного шестнадцатиконсного транспортера грузоподъемностью 220 т в порожнем состоянии

Все элементы несущей конструкции транспортера изготовлены из обычной малоуглеродистой стали Ст. 3 спокойной плавки по ГОСТ 380—50. Концевые, промежуточные и соединительные балки транспортера—цельносварной конструкции; они выполнены из листового проката толщиной 16 и 20 мм.

Консоли транспортера представляют собой пространственные металлоконструкции, состоящие из двух полуферм, связанных системой ветровых связей. В зоне установки сферического пятника консоли имеют мощные шкворневые балки коробчатого сечения. В зоне сочленения консолей они имеют в нижней части специальные проушины для валикового соединения перевозимого груза с транспортером, а в верхней—опорные места, между которыми защемляется груз под действием силы тяжести. Соединительные валики диаметром 180 мм выполнены из осевой стали.

Консоли транспортера в основном клепаной конструкции, элементы которой составлены из уголкового проката  $75 \times 79 \times 9$  мм и  $150 \times 150 \times 16$  мм и листового металла толщиной 16—20 мм. Соединение элементов выполнено с помощью заклепок диаметром 23 мм.

Для упрощения процессов погрузки и разгрузки во время эксплуатации транспортер оборудован двумя системами гидравлических подъемников с ручным приводом. Система главных гидравлических подъемников, состоящая из четырех домкратов грузоподъемностью 110 т каждый, установлена на соединительных бал-

ках транспортера и предназначена для подъема главного строения вместе с грузом. На каждой соединительной балке на специальных кронштейнах, расположенных под концами шкворневых балок консолей, установлено по два таких домкрата, насосная установка и привод которых размещены в нише соединительной балки.

Подъем главного несущего строения транспортера с грузом необходим для установки под грузом вспомогательных устройств (тележек или тумб) при разгрузке или для удаления этих устройств из-под груза при погрузке транспортера. Это позволяет производить погрузку и разгрузку сочлененных транспортеров без применения мощного кранового оборудования, что является важным эксплуатационным преимуществом.

Система вспомогательных гидropодъемников, состоящая из четырех домкратов грузоподъемностью 20 т каждый, установленных попарно на промежуточных балках транспортера под поперечной связью консолей, служит для поддержания консолей при разведении половин транспортера перед погрузкой или при разгрузке.

Краткая техническая характеристика гидropодъемников сочлененного транспортера грузоподъемностью 220 т приведена в табл. 4.

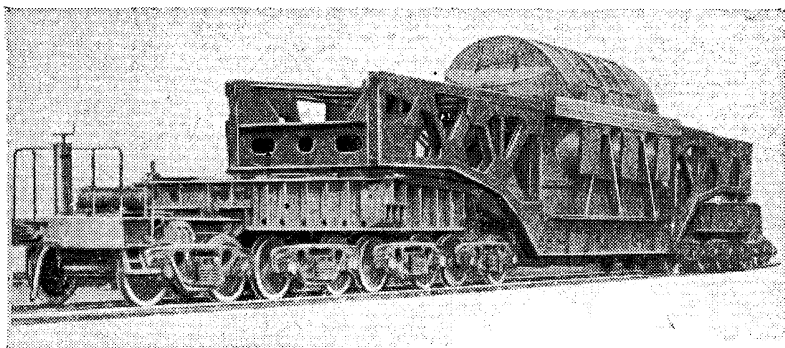
Т а б л и ц а    4

Показатель	Главный домкрат	Вспомогательный домкрат
Максимальная грузоподъемность, <i>т</i>	110	20
Предельная высота подъема, <i>мм</i>	300	300
Максимальное рабочее давление жидкости, <i>ат</i>	300	300
Диаметр плунжера, <i>мм</i>	220	110

При перевозке на сочлененном транспортере изделия-груза, в конструкции которого предусмотрены проушины, специальную несущую балку не используют. В этом случае возможная грузоподъемность транспортера увеличивается с 220 до 232 т (на величину веса балки). Перевозимый груз (например, бак трансформатора) сочленяют с проушинами консолей при помощи валиков. В транспортном положении он защемляется под действием силы тяжести между опорными местами полуферм и образует составной элемент главного несущего строения.

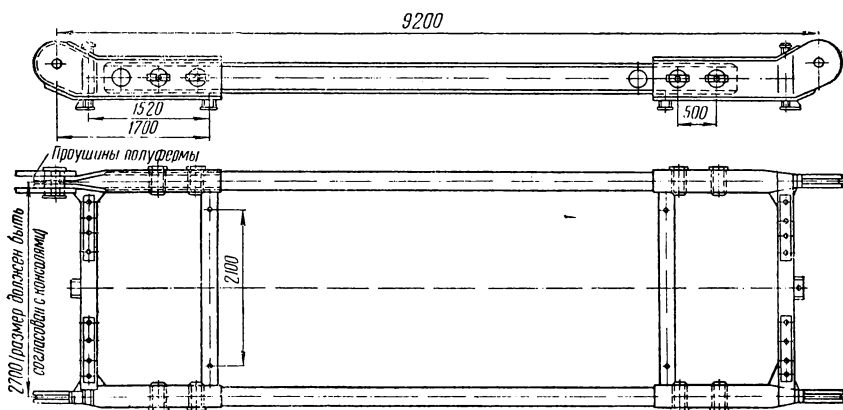
Верхняя зона изделия-груза воспринимает сжимающие усилия защемления, а нижняя—уравновешивающие усилия растяжения, передающиеся через проушины и валики. Величина усилий защемления зависит от веса груза и геометрических параметров консолей и весьма значительна. Например, для сочлененного транспортера грузоподъемностью 220 т величина горизонтальной силы, дей-

ствующей на валик проушины или на опорное место полуфермы, в статических условиях достигает 150 т. Общий вид сочлененного транспортера грузоподъемностью 220 (232 т) с погруженным на него трансформатором ТДЦГ-275000 показан на фиг. 13.



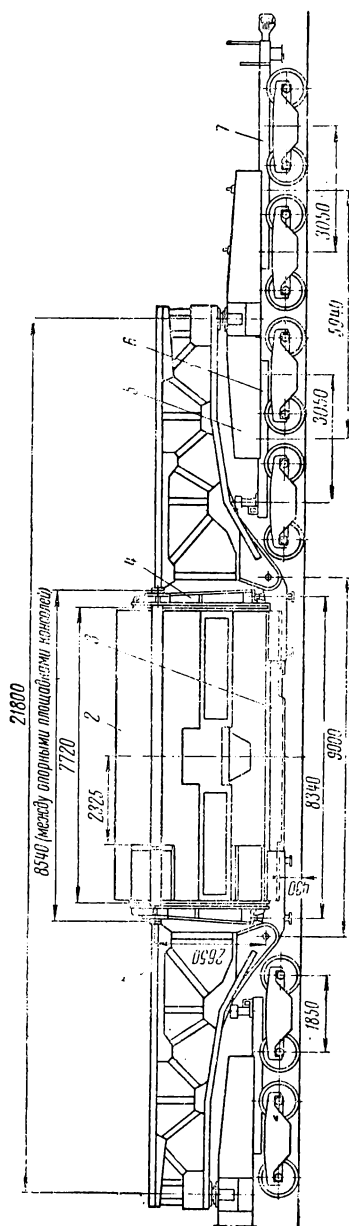
Фиг. 13. Общий вид сочлененного транспортера грузоподъемностью 220 т с погруженным трансформатором

Для перевозки изделия-груза, не имеющего проушин, его устанавливают на сочлененную с проушинами консолей специальную несущую балку транспортера. Силовое замыкание конструкции

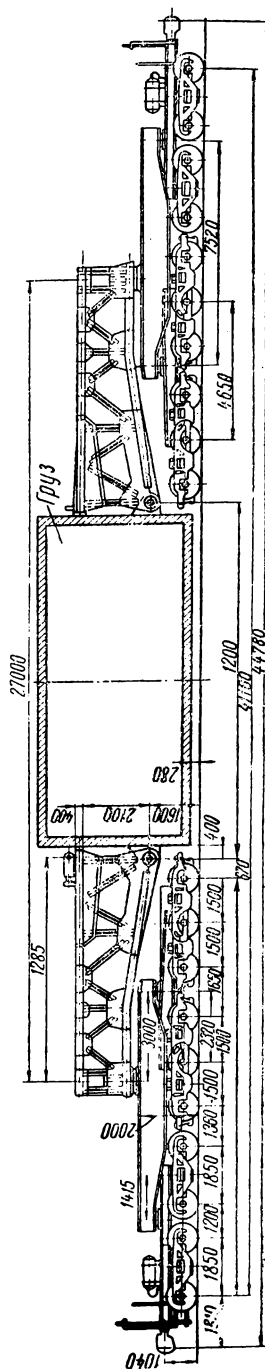


Фиг. 14. Схема конструкции специальной несущей балки

транспортера в верхней части происходит по-прежнему через корпус изделия; растягивающие усилия, передающиеся валиками проушин консолей, воспринимаются в этом случае специальной несущей балкой.



Фиг. 15. Схема соленногого транспортера грузоподъемностью 220 т с погруженным статором турбогенератора: 1 — консоль; 2 — статор; 3 — специальная несущая балка; 4 — промежуточный вспомогательный элемент; 5 — соединительная балка; 6 — промежуточная балка; 7 — концевая балка



Фиг. 16. Схема транспортера грузоподъемностью 300 т

Специальная несущая балка состоит из двух Н-образных рам, имеющих проушины для соединения с консолями транспортера, и двух продольных балок-затяжек, связывающих концевые рамы. Длину специальной балки можно ступенчато регулировать перестановкой валиков, соединяющих затяжки с концевыми рамами. Схема конструкции специальной несущей балки показана на фиг. 14. На фиг. 15 дана схема сочлененного транспортера грузоподъемностью 220 т при перевозке статора турбогенератора ТГВ-200Э с использованием специальной несущей балки.

При следовании транспортера в порожнем состоянии разобранную специальную несущую балку размещают на транспортере. Ее концевые части располагают на соединительных балках, а продольные затяжки укладывают сверху консолей и используют для сцепления консолей транспортера в верхней части. В нижней части консоли транспортера, следующего в порожнем состоянии, соединяют при помощи специальных серег.

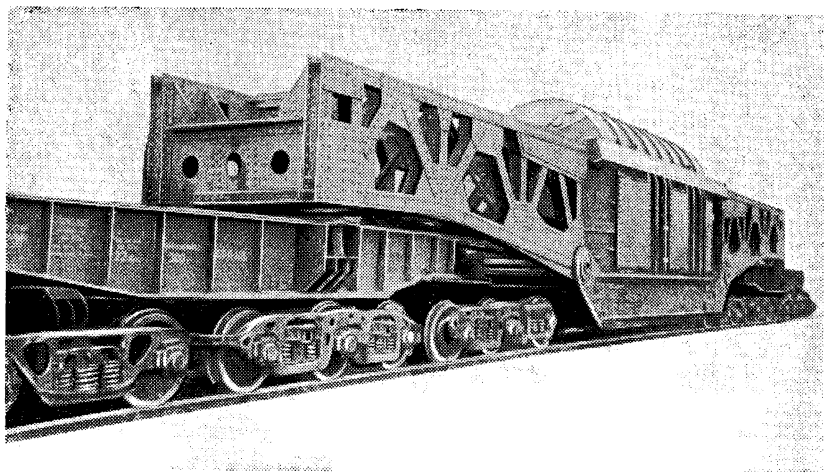
Под сочлененным транспортером устанавливают серийные двухосные тележки грузовых вагонов типа ЦНИИ-ХЗ-0 с роликовыми буксами. Транспортер оборудован автоматическим тормозом с воздухораспределителем типа МТЗ-270 и ручным тормозом, привод которого выведен на тормозные площадки обеих концевых балок. Эти балки оснащены типовым автосцепным устройством (автосцепка СА-3, поглощающий аппарат Ш-1-Т) и приспособлены для установки буферных устройств.

Сочлененный транспортер грузоподъемностью 300 т—аналогичной конструкции. Он отличается большой мощностью несущих элементов. В связи со значительно большим весом брутто осьность транспортера увеличена до 20 осей: под каждой половиной транспортера установлены две двухосные тележки ЦНИИ-ХЗ-0, спаренные концевой балкой, унифицированной с соответствующей балкой транспортера грузоподъемностью 220 т, и две трехосные тележки КВЗ-1, объединенные промежуточной балкой (фиг. 16).

Концевая и промежуточная балки связаны соединительной балкой, на которой установлены главные гидроподъемники, идентичные по конструкции гидроподъемникам транспортера грузоподъемностью 220 т. На промежуточной балке установлены такие же вспомогательные гидроподъемники. Соединительные валики проушин консолей транспортера имеют диаметр 250 мм с внутренним отверстием диаметром 120 мм. Они изготовлены из высокопрочной стали 45.

Общий вид сочлененного транспортера грузоподъемностью 300 т с погруженным на него макетом трансформатора ТДЦГ-400000 весом около 293 т показан на фиг. 17.

В несущей конструкции транспортера грузоподъемностью 300 т, в отличие от транспортера грузоподъемностью 220 т, значительно меньше расстояние по вертикали от оси опорных платиков полуферм до центров проушин. Это определяет увеличение усилий заземления.



Фиг. 17. Общий вид двадцатисосного сочлененного транспортера грузоподъемностью 300 т с погруженным трансформатором

#### Основные технические данные сочлененных транспортеров

Грузоподъемность номинальная, т;		
при перевозке грузов, имеющих проушины, .	232	300
при перевозке грузов без проушин с использованием специальной несущей балки .	220	280
Вес тары транспортера, т . . . . .	122	148
Количество осей . . . . .	16	20
Давление от оси груженого транспортера на рельсы, т . . . . .	21,4	22,4
Тип тележек . . . . .	ЦНИИ-ХЗ-0	ЦНИИ-ХЗ-0 и КВЗ-1
База тележек, связанных концевой балкой, мм .	3050	3050
База тележек, связанных промежуточной балкой, мм . . . . .	3050	4650
Расстояние между осями пятников консолей транспортера (база транспортера), мм:		
в порожнем состоянии . . . . .	13260	15740
в груженом состоянии, (макс.), мм . . . . .	22300	27000
Максимальная проектная длина перевозимого груза (по осям проушин), мм . . . . .	9700	12000
Длина транспортера по осям сцепления авто-сцепок, мм;		
в порожнем состоянии . . . . .	28050	33520
в груженом состоянии . . . . .	37090	44780
Материал несущей конструкции . . . . .	Сталь Ст. 3	Сталь Ст. 3
Наименьший радиус кривой вписывания, м . . .	125	125

Опытные образцы сочлененных транспортеров грузоподъемностью 220 и 300 т были подвергнуты всесторонним испытаниям с целью проверки прочности их конструкции и динамических качеств. Испытания транспортеров проводились ВНИИ вагоностроения при



участии представителей МПС, заводов-изготовителей транспортеров и изделий, предназначенных для перевозки.

Подробное тензометрическое исследование напряженного состояния конструкции сочлененных транспортеров при статических испытаниях позволило выявить некоторые особенности нагружения несущих элементов транспортеров, оценить их прочность применительно к условиям эксплуатации и сделать ряд рекомендаций по совершенствованию конструкции и методике прочностных расчетов. В частности, было установлено наличие в узлах полуферм консолей транспортеров значительных изгибающих моментов, действующих в плоскости полуферм, влияние которых при расчете консолей не учитывалось. Возникновение этих моментов обусловлено жесткостью соединения стержней полуферм в узлах, препятствующей необходимому их повороту при деформации полуферм под действием внешней нагрузки.

Кроме того, результаты тензометрирования позволили выявить значительную концентрацию напряжений на кромках вырезов вертикальных стенок сечения шкворневой балки консоли транспортера грузоподъемностью 220 т и в отверстиях для соединительных валиков как в концевых частях, так и в затяжках специальной несущей балки этого транспортера. Для обеспечения необходимой прочности и долговечности этих элементов было рекомендовано соответствующее усиление их.

В конструкции транспортера грузоподъемностью 300 т на основании данных статических испытаний была установлена необходимость в местном усилении соединительных балок в связи с наличием чрезмерно высоких напряжений в отдельных зонах. Характерная особенность напряженного состояния консолей сочлененных транспортеров—высокая местная нагруженность верхних кромок сечений стержней полуферм, расположенных за упорными планками, то есть в зоне приложения усилий защемления.

Испытания показали также, что напряженное состояние проушин консолей транспортеров в значительной мере зависит от степени точности изготовления и точности сопряжения их с проушинами перевозимого груза. Непараллельность и несоосность отверстий проушин, перекосы валиков могут в значительной степени влиять на долговечность этого узла конструкции.

Помимо исследования прочности конструкции сочлененных транспортеров в процессе испытаний проверяли также прочность головных изделий-грузов, предназначенных для перевозки: бака трансформатора ТДЦГ-275000 и корпуса статора ТГВ-200Э (транспортер грузоподъемностью 220 т), бака трансформатора ТДЦГ-400000 и корпуса статора ТГВ-300 (транспортер грузоподъемностью 300 т) со специальной несущей рамой.

Ходовые динамические испытания опытных сочлененных транспортеров отечественной постройки, проведенные на магистральных путях МПС при скоростях движения до 130 км/ч, показали, что хо-

довые качества транспортеров в груженом и порожнем состояниях весьма удовлетворительны.

Коэффициент динамической перегрузки главного несущего строения транспортеров при движении в груженом состоянии не превосходил, как правило, значений 0,15, тогда как у обычных грузовых вагонов аналогичный показатель достигает 0,5 и выше. Прочие характеристики ходовых качеств транспортеров также оказались значительно более благоприятными, чем у обычных вагонов.

В то же время при ходовых испытаниях транспортера грузоподъемностью 300 т была установлена необходимость доработки тормозной передачи тележечных групп, образованных трехосными тележками КВЗ-1, а также отмечена целесообразность замены тележек устаревшего типа трехосными тележками унифицированной конструкции типа УВЗ-9 м.

После внедрения рекомендаций ВНИИВ по улучшению конструкции опытные сочлененные транспортеры грузоподъемностью 220 и 300 т допущены к эксплуатации, а также к дальнейшему выпуску.

### Сочлененные транспортеры зарубежной постройки

Как уже отмечалось, транспортеры сочлененного типа в последние годы широко распространяются в зарубежных странах, в первую очередь, как средство перевозки крупных энергетических установок.

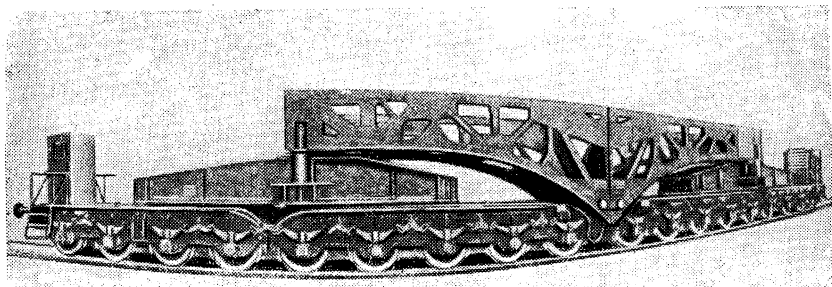
Следует отметить, что в связи со значительно меньшими размерами железнодорожных габаритов зарубежных стран по сравнению

Т а б л и ц а 5

Страна-изготовитель	Грузоподъемность, т	Число осей	Вес тары, т	Длина по осям сцепления в груженом состоянии, мм	Давление от оси на рельсы, т	Колесная формула	Длина по осям сцепления в порожнем состоянии, мм
ФРГ	170	18	—	—	—	4+5-5+4	—
	220	20	114	41140	16,7	5+5-5+5	—
Швейцария	270	18	100	43640	20,6	3+3+3-3+3+3	33340
Бельгия	150	10	51	24415	21,3	2+3-3+2	17210
США	225	12	87	29115	26,0	3+3-3+3	19115
Япония	400	28	158	48500	29,0	4+1+3+3-3+3+4+4	—
Франция	230	16	—	38080	—	4+4 4+4	—
	260	20	140	45000	20,0	1+2+4-4+2+4	34380

с габаритами СССР эти страны столкнулись с необходимостью применения сочлененных транспортеров для перевозки даже сравнительно легких изделий (весом 150—170 т). В табл. 5 приведены основные технические характеристики известных конструкций транспортеров сочлененного типа зарубежной постройки.

Сочлененный транспортер грузоподъемностью 170 т, построенный в ФРГ, показан на фиг. 18. Главное несущее строение этого транспортера выполнено в виде пространственных форм клепаной конструкции. Экипажная часть состоит из четырех- и пятиосных тележек с жесткой рамой.



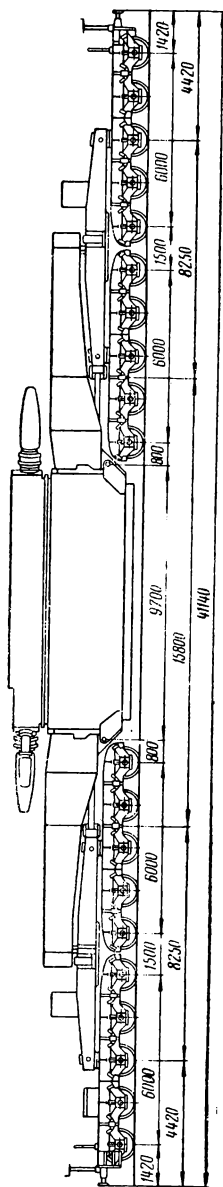
Фиг. 18. Общий вид сочлененного транспортера грузоподъемностью 170 т, построенного в ФРГ

Схема конструкции сочлененного транспортера, изготовленного в ФРГ, грузоподъемностью 220 т, показана на фиг. 19. Оба немецких транспортера оборудованы специальными гидродомкратами для подъема несущего строения с грузом.

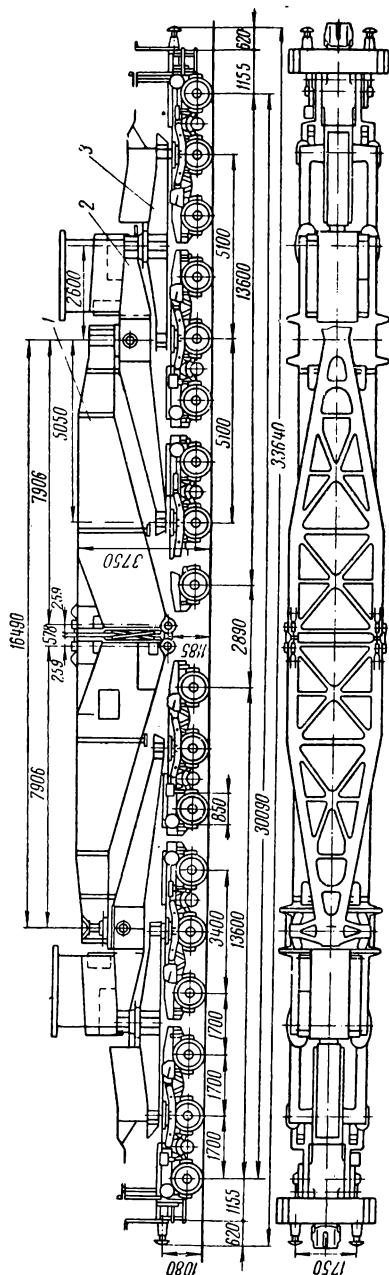
На фиг. 20 показана схема конструкции сочлененного транспортера грузоподъемностью 270 т, построенного в Швейцарии, фирмы СИГ и Джованоло. Этот транспортер предназначен для перевозки грузов длиной до 10 и диаметром до 4 м при клиренсе не менее 150 мм.

При проектировании этого транспортера обращалось особое внимание на обеспечение его прохождения по кривым участкам пути малого радиуса (минимальный радиус кривой вписывания — 50 м). Для облегчения прохождения транспортера по кривым колесные пары трехосных тележек имеют разбег в поперечном направлении до 15 мм. Рамы тележек — цельносварные, выполнены из стали St. 37. Рессорное подвешивание состоит из листовых рессор, соединенных балансирами.

Все несущие элементы конструкции транспортера изготовлены из стали повышенной прочности типа St. 52 (фералсин), имеющей минимальный предел текучести 35 кг/мм<sup>2</sup>. При расчете транспортера на прочность, помимо статической нагрузки брутто, учитыва-



Фиг. 19. Схема сочлененного транспортера грузоподъемностью 220 т, изготовленного в ФРГ

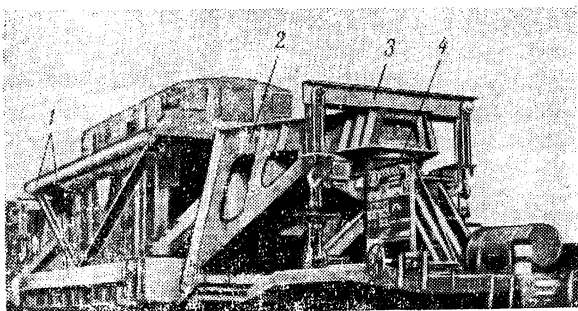


Фиг. 20. Схема конструкции сочлененного транспортера грузоподъемностью 270 т, построенного в Швейцарии:  
1 — консоли балочная балка; 2 — соединительная балка; 3 — концевая балка

ли динамическую перегрузку в размере 10% и буферную нагрузку 100 т (для порожнего транспортера). Допускаемые напряжения при этом принимали равными  $2100 \text{ кг/см}^2$  (для стали St. 52).

Этот транспортер оборудован специальной гидравлической системой, позволяющей перемещать в поперечном направлении главное несущее строение на 350 мм в обе стороны от продольной оси транспортера. Транспортер в груженом состоянии эксплуатируется со скоростями до 50 км/ч.

Верхняя часть сочлененного транспортера грузоподъемностью 150 т, построенного в Бельгии, показана на фиг. 21, а схема его конструкции—на фиг. 22. Этот транспортер характеризуется рядом конструктивных особенностей, одной из которых является высокое расположение пятниковых опор консолей (высота положения пят-



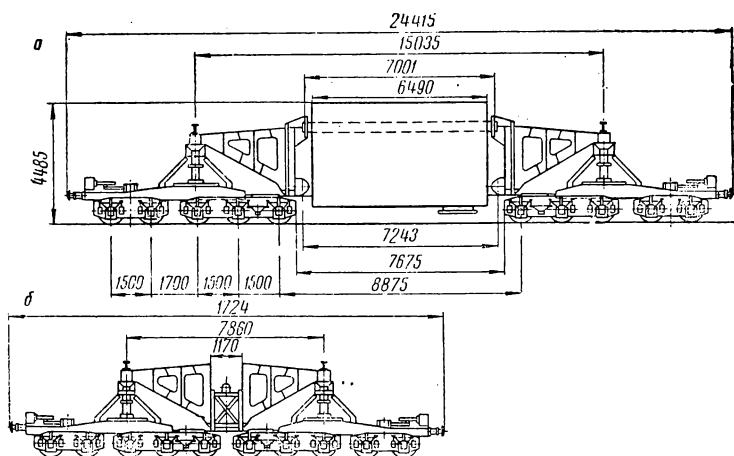
Фиг. 21. Верхняя часть сочлененного транспортера грузоподъемностью 150 т, построенного в Бельгии:

1 — несущие балки вспомогательного каркаса; 2 — консоль; 3 — балансирующее устройство; 4 — главный пятник

ников больше высоты центра тяжести груза от головок рельсов). Кроме того, на соединительных балках транспортера в зоне пятниковых опор консолей имеются специальные балансиры с пружинно-винтовыми механизмами, предназначенные для уменьшения колебаний главного строения, а также для возможности наклона перевозимого груза с целью обхода препятствий. На транспортере установлены также гидравлические домкраты, позволяющие сдвигать главное строение в поперечном направлении на 250 мм в обе стороны от продольной оси транспортера.

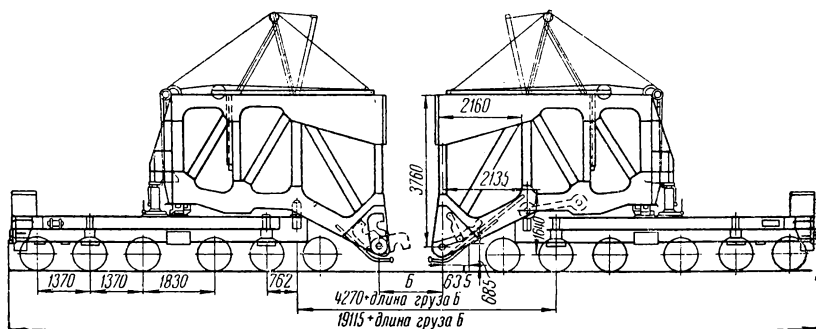
Бельгийский транспортер оборудован специальными несущими балками: нижними и верхними, образующими своеобразный каркас, с помощью которых можно перевозить грузы, не подвергая их действию усилий заземления. При движении транспортера в порожнем состоянии обе балки могут быть сняты и транспортироваться отдельно. Вес специальных несущих балок 12 т.

На фиг. 23 показан общий вид сочлененного транспортера США грузоподъемностью 225 т. Отличительная особенность этого транс-



Фиг. 22. Схема конструкции транспортера грузоподъемностью 150 т;  
а — в нагруженном состоянии; б — в порожнем состоянии

портера—высокая осевая нагрузка; давление от оси на рельс составляет 26 т. Благодаря такой нагрузке колесная формула и конструктивная схема транспортера довольно просты.

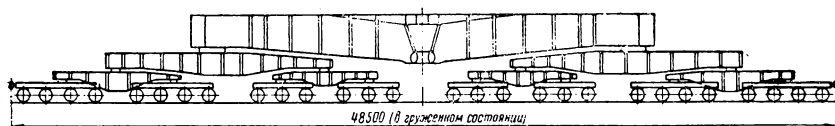


Фиг. 23. Схема конструкции американского транспортера сочлененного типа грузоподъемностью 225 т

Транспортер оборудован гидравлическими подъемниками, позволяющими поднимать главное несущее строение с грузом.

Наиболее крупным из известных транспортеров всех стран мира является двадцатитонный сочлененный транспортер, построенный в Японии компанией Касадо Воркс Хитаки Лтд., схема

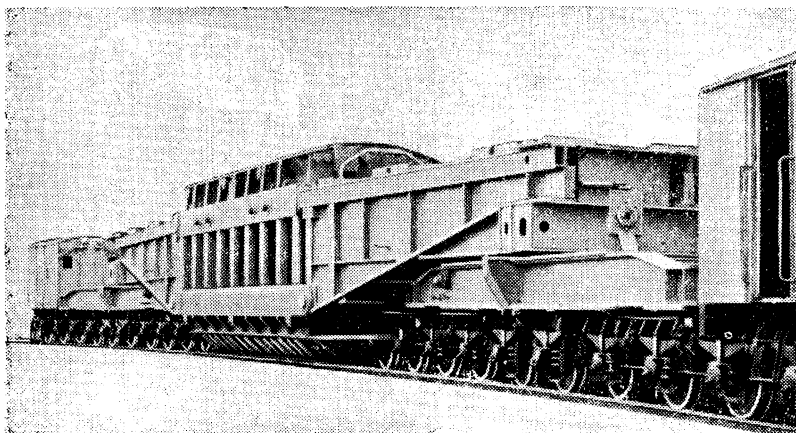
которого показана на фиг. 24. Грузоподъемность этого транспорта около 400 т, вес тары 158 т, длина в груженом состоянии около 48,5 м.



Фиг. 24. Схема конструкции японского транспорта грузоподъемностью 400 т

Во Франции сочлененные транспортеры выпускает фирма Бонеиль.

Этой фирмой был изготовлен двадцатисосновый транспортер грузоподъемностью 260 т, общий вид которого показан на фиг. 25.



Фиг. 25. Общий вид транспорта грузоподъемностью 260 т, построенного во Франции

Все несущие элементы конструкции этого транспорта цельносварные. Для улучшения вписывания транспорта в кривые участки пути устройство опирания консолей на соединительную балку отделено от шкворня, вокруг которого консоли поворачиваются при прохождении транспорта по кривой. Точка поворота (шкворень) смещена на 3000 мм внутрь транспорта от точки опоры консоли на соединительную балку. Благодаря этому уменьшается боковое смещение груза от оси пути при прохождении кривых.





Опора консоли на соединительную балку выполнена в виде полукругового сектора, шарнирно соединенного с консолью. При поворачивании консолей относительно соединительной балки сектор перекачивается по криволинейной планке. Для предотвращения опрокидывания имеются два роликовых скользуна, установленные с зазором 20 мм. Кроме того, транспортер оборудован винтовым устройством, позволяющим смещать консоли с грузом в поперечном направлении относительно продольной оси транспортера на 300 мм в обе стороны. Схема конструкции транспортера грузоподъемностью 260 т показана на фиг. 26.

Шестнадцатитонный транспортер грузоподъемностью 230 т, построенный этой же французской фирмой, имеет аналогичную конструкцию.

Для расширения номенклатуры грузов, пригодных для перевозки на данном транспортере, фирмой Бонейль спроектирован и изготовлен специальный вспомогательный каркас «корзина» длиной 11 м (по осям проушин), с помощью которого можно перевозить на транспортере грузы, не приспособленные для восприятия усилий защемления и не имеющие проушин. Этот каркас весит около 30 т, в связи с чем при его использовании полезная грузоподъемность транспортера уменьшается до 200 т. Схема конструкции данного транспортера показана на фиг. 27.

Транспортеры французской постройки рассчитаны на движение со скоростью до 100 км/ч. Максимальное продольное ударно-тяговое усилие при расчете транспортеров на прочность принималось равным 100 т.

По имеющимся сведениям, в настоящее время во Франции готовится к постройке сочлененный транспортер грузоподъемностью 340 т на двадцати четырех осях.

### **Сравнительный анализ сочлененных транспортеров отечественной и зарубежной постройки**

По весовым характеристикам сочлененные транспортеры отечественной постройки несколько лучше транспортеров ФРГ и Франции, но значительно уступают транспортерам других стран.

Коэффициенты тары транспортеров СССР, ФРГ, Франции составляют 0,480—0,538, тогда как Швейцарии, Бельгии, США и Японии—0,340—0,375.

В отношении конструктивного оформления надо заметить, что большинство зарубежных транспортеров—с цельносварной конструкцией несущих элементов, тогда как у транспортеров отечественной постройки главные несущие элементы выполнены клепаными.

Экипажная часть транспортеров зарубежной постройки (за исключением транспортера США) выполнена в виде многоосных те-

лежек специальной конструкции с жесткой рамой, рессорное подвешивание которых, как правило, состоит из листовых рессор.

Специальные транспортеры СССР и США выпущены на двух- и трехосных тележках вагонного типа. Рессорное подвешивание этих тележек изготовлено из винтовых пружин и снабжено фрикционными гасителями колебаний.

Применение в конструкции большегрузных транспортеров типовых вагонных тележек представляет, несомненно, существенное эксплуатационное преимущество, так как упрощает обслуживание и ремонт транспортеров. Однако в связи с этим несколько усложняется схема транспортера.

Следует отметить, что транспортеры западноевропейских стран несколько сложнее по своей конструкции, чем отечественные. Они, как правило, оборудованы специальными устройствами для производства поперечного смещения и наклона груза, уменьшения его бокового вылета при прохождении кривых и т. д. Данное обстоятельство объясняется меньшими размерами железнодорожных габаритов в странах Западной Европы по сравнению с СССР.

## **ПУТИ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТЕРОВ**

Анализ конструкций транспортеров различных типов отечественной и зарубежной постройки, экспериментальные данные, накопленные в процессе испытаний опытных образцов, а также перспективы расширения перевозок тяжеловесных грузов позволяют наметить основные пути развития и совершенствования конструкций транспортеров.

Изучение номенклатуры тяжеловесных и крупногабаритных грузов, перевозимых по железным дорогам СССР, и практика эксплуатации показывают, что в парке транспортеров целесообразно иметь следующие основные типы конструкций:

транспортеры платформенного типа (с пониженной погрузочной площадкой)—восьмиосные, грузоподъемностью 110—120 т, двенадцатиосные грузоподъемностью 150—170 т, шестнадцатиосные грузоподъемностью 220—240 т. В эксплуатационном парке МПС в настоящее время имеются платформенные транспортеры всех этих групп. Однако часть из них нуждается в совершенствовании;

транспортеры колодцеобразного типа—восьмиосные грузоподъемностью 110—120 т и шестнадцатиосные грузоподъемностью 180—200 т. В настоящее время в эксплуатации имеются только колодцеобразные транспортеры первой группы, а транспортеры второй группы проектируются;

транспортеры сочлененного типа—шестнадцатиосные грузоподъемностью 230—250 т, двадцатиосные грузоподъемностью 300—

320 т, двадцатичетырехосные грузоподъемностью 380—400 т. Две первые группы сочлененных транспортеров уже представлены в эксплуатационном парке МПС описанными в обзоре транспортера-ми грузоподъемностью 220—232 и 300 т. Транспортеров сочлененного типа третьей группы в настоящее время пока нет, но в связи с разработкой промышленностью СССР проектов новых мощных трансформаторов и турбогенераторов должна быть разработана конструкция сочлененного транспортера грузоподъемностью 380—400 т.

При проектировании новых конструкций транспортеров и модернизации существующего парка необходимо учитывать ряд положений.

В конструкциях транспортеров платформенного типа следует стремиться к более рациональному очертанию главной балки с целью максимального использования прочности заложенного металла по всей ее длине. Кроме того, необходимо добиваться возможно меньшей высоты положения погрузочной площадки от уровня головки рельса.

В транспортерах колодцеобразного типа следует стремиться к возможно большей ширине колодцевой части при оптимальной ее длине. Конструкцию поперечных балок и способ их установки надо выбирать с учетом максимального удобства расположения и крепления перевозимых грузов.

В конструкции транспортеров сочлененного типа необходимо добиваться увеличения отношения размеров  $h:l_k$  (см. фиг. 1), что позволит уменьшить величину усилий защемления и, следовательно, облегчить конструкцию консолей транспортера и узла сочленения, а также упростить и облегчить конструкцию корпуса самого перевозимого груза. Применительно к конструкциям сочлененных транспортеров следует проектировать и специальные несущие балки (каркасы), при помощи которых можно перевозить грузы, не подвергая их действию усилий защемления.

Все несущие конструкции транспортеров надо изготавливать цельносварными из стали повышенной прочности для уменьшения собственного веса конструкции, что позволяет получать транспортеры большой грузоподъемности при заданной нагрузке от оси на рельсы и способствует упрощению конструктивной схемы.

Из выплавляемых в настоящее время в СССР низколегированных сталей для применения в сварных конструкциях транспортеров в первую очередь можно рекомендовать сталь марки 09Г2ДТ (ЧМТУ/ЦНИИЧМ 157-59), имеющую достаточно высокие прочностные характеристики и хорошую свариваемость.

Конструкции различных транспортеров должны быть максимально унифицированы с целью упрощения производства, обслуживания и ремонта. В первую очередь необходимо унифицировать такие элементы, как концевые и промежуточные балки, пятники главных балок, элементы тормоза и т. д. В качестве ходовых частей

транспортеров следует применять типовые вагонные двух- и трехосные тележки с роликовыми буксами.

Важный параметр транспортера—величина осевой нагрузки, от правильного выбора которой во многом зависит оформление и экономичность его конструктивной схемы. В настоящее время в СССР при проектировании транспортеров осевые нагрузки принимают порядка 21—22 т, то есть на уровне осевых нагрузок массовых видов подвижного состава магистральных железных дорог. У некоторых конструкций отечественных транспортеров величина осевой нагрузки даже ниже (у двенадцатиосного транспортера грузоподъемностью 130 т она составляет менее 20 т).

Для упрощения конструктивной схемы транспортеров и улучшения их технико-экономических показателей целесообразно принимать при проектировании более высокие значения осевых нагрузок. Для транспортеров широкого назначения, видимо, следует принимать осевую нагрузку равной 23—24 т, а для специализированных и особо большой грузоподъемности, предназначенных для перевозок уникальных изделий-грузов, даже до 25 т (в США осевые нагрузки принимают 25—28 т).

С точки зрения воздействия подвижного состава на верхнее строение пути допустимость повышения осевых нагрузок можно обосновать тем, что транспортеры не являются массовым видом подвижного состава. Удельный вес парка транспортеров в общем парке грузового подвижного состава железных дорог выражается в долях процента. В связи с этим повторяемость прохождения транспортеров по данному отрезку пути чрезвычайно мала.

Кроме того, ходовые динамические качества транспортера существенно лучше, чем у обычных вагонов грузового парка, что подтверждают многочисленные эксперименты, проведенные ВНИИ вагоностроения и другими организациями. Пониженный уровень вертикальной динамической перегрузки и горизонтальных динамических сил в значительной степени нейтрализует влияние повышенных осевых нагрузок на верхнее строение железнодорожного пути.

При проектировании и расчетах на прочность конструкций транспортеров целесообразно учитывать значительную специфичность условий их эксплуатации, особенно большегрузных, по сравнению с условиями эксплуатации обычных грузовых вагонов. В частности, среднесуточный пробег у транспортеров в несколько раз меньше, чем у грузовых вагонов. В то же время продолжительность периода оборота транспортера значительно больше, чем у обычного грузового вагона. Важно и то обстоятельство, что по сравнению с обычными грузовыми вагонами у транспортеров доля порожнего пробега в общем пробеге более высокая. В связи с этим конструкция транспортеров в эксплуатации работает в условиях менее интенсивного нагружения, чем обычных грузовых вагонов.

Из сказанного следует, что при одинаковых долговечности и надежности в конструкциях транспортеров можно предусмотреть несколько меньшие запасы прочности, чем в конструкции обычных

грузовых вагонов. Поэтому нельзя считать обоснованным простое распространение на транспортеры имеющихся норм расчетов прочности самоходных вагонов тем более, что у транспортеров уровень динамичности нагружения их несущей конструкции резко понижен. Это объясняется благоприятным влиянием многоосности экипажа и значительной собственной гибкостью несущего строения.

На основании изложенного следует полагать допустимым при оценке прочности конструкции транспортеров принимать величины напряжений несколько увеличенными сравнительно с принимаемыми при оценке прочности грузовых вагонов (по предварительной оценке на 10%).

При проектировании транспортеров необходимо обращать также внимание на приспособленность их конструкции к погрузо-разгрузочным операциям и креплению грузов. В конструкции сочлененных транспортеров следует обеспечивать высокую точность изготовления узлов сочленения. Сочлененные транспортеры безусловно надо оборудовать системой механизмов для вертикального и горизонтального (поперечного) перемещения консолей с грузом. Заслуживает внимания способ смещения от пятника в сторону груза точки поворота консоли, применяемой в транспортерах французской постройки. Этот способ позволяет уменьшить боковое смещение груза от оси пути на кривых участках и расширить таким образом габаритные размеры перевозимых грузов.

Аналогичное устройство следует считать полезным также и для транспортеров платформенного типа большой грузоподъемности с главной балкой большой длины. В конструкции этих транспортеров важно предусматривать достаточное количество отверстий и кронштейнов для крепления перевозимого груза.

У транспортеров колдцеобразного типа необходимо применять поворотные поперечные балки, добиваясь возможно более плавного регулирования расстояния между ними.

Для развития и совершенствования конструкций транспортеров целесообразно сосредоточить их проектирование и постройку на одном из мощных заводов транспортного машиностроения, выделив для этой цели производственные площади.

## ЛИТЕРАТУРА

Гончаров Н. Г., Ефимов Г. П. Перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов. Трансжелдориздат, 1961.

Американская железнодорожная энциклопедия, вагоны и вагонное хозяйство. Трансжелдориздат, 1961.

Шадур Л. А. и др. Конструкция вагонов. Трансжелдориздат, 1962.

Р ж а в и н с к и й Б. А., К у з ь м и ч Л. Д. Применение сталей повышенной прочности в вагоностроении, ЦИНТИМАШ, 1963.

«Revue Generale des Chemins de Fer.», март, 1963.

«Clasiers annaleu», январь, 1963.

«Revue Generale des Chemins de Fer.», июнь, 1960.

«Railway Locomotives and Cars», 1961.

---

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Транспортеры платформенного типа	5
Транспортеры колодеобразного типа	17
Транспортеры сочлененного типа	21
Пути развития и совершенствования конструкций транспортеров	38

---

Редактор *Л. А. Гросман*

Технические редакторы *З. П. Полянская* и *А. А. Капралова*

Корректор *В. П. Конкина*

---

Т-08379	Сдано в набор 11/III—1964 г.	Подписано в печать 11/VI—1964 г.
Формат бум. 60×90/16	Печ. лист. 2,75	Уч.-изд. л. 2,8
Тираж 500 экз.	Изд. № 36	Заказ № 398
		Цена 36 коп.

---

ЦИНТИАМ

Москва, И-164, Проспект Мира, 106

---

Типография ЦИНТИАМ



## К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

ЦИНТИАМ принимает подписку на информационные обзоры по вагоностроению:

1. Повышение прочности и эксплуатационной надежности грузовых вагонов.

2. Техничко-экономические показатели грузовых и пассажирских вагонов СССР и за рубежом.

3. Новые грузовые вагоны в СССР и за рубежом, обеспечивающие комплексную механизацию погрузочно-разгрузочных работ.

4. Новые вагоны промышленного транспорта в СССР и за рубежом.

5. Снижение веса пассажирских вагонов за счет применения новых материалов.

6. Конструкции кузовов отечественных и зарубежных пассажирских вагонов.

7. Кондиционирование воздуха и электроснабжение пассажирских вагонов в СССР и за рубежом.

8. Вагонные тележки с пневматическим подвешиванием.

9. Трехосные тележки грузовых вагонов большой грузоподъемности.

10. Буксовые узлы с роликовыми подшипниками железнодорожных вагонов.

Заявки направлять по адресу:

Москва, В-17, Вишняковский пер., дом 21, Отдел заказов  
и распространения ЦИНТИАМ, тел. В 1-47-09.