

Быстрый рост троллейбусного транспорта в СССР потребовал большого напряжения сил, как в отношении организации производства необходимого количества троллейбусов, так и по эксплуатации созданных троллейбусных хозяйств. При этом вопросы конструкции выпускаемых типов троллейбусов стоят очевидно на одном из первых мест, и в основном определяют собою работоспособность этого вида транспорта.

Настоящая книга имеет целью ознакомить инженерно-технических работников, связанных так или иначе с троллейбусным транспортом, и студентов автомобильных вузов с конструкцией автомеханического оборудования выпускаемых в Советском союзе троллейбусов, и кроме того, содержит аналитическое исследование работы наиболее ответственных частей троллейбуса, к которым мы относим силовую передачу и тормозную систему.

Книга в основном рассчитана на инженеров-механиков и студентов, знакомых с конструкцией автомобилей.

Автор

Троллейбус в современном его виде представляет собою сравнительно сложную машину; для подробного знакомства с ней требуются специальные знания электрика и механика-автомобилиста.

При изучении троллейбуса рационально рассматривать не весь комплекс механизмов его в целом, а разбить, как это принято при изучении автомобиля, на специфические составные части. Для троллейбуса эту разбивку удобнее всего произвести на следующие составные части:

1. Автомеханическое оборудование троллейбуса, в которое входят как составные части: а) шасси троллейбуса со всеми механизмами силовой передачи, рамой и подвеской, объединяемых под общим наименованием механического оборудования, б) пневматическое оборудование и в) кузов.

2. Электрическое оборудование троллейбуса, которое делится в свою очередь на высоковольтное и низковольтное.

В настоящей книге рассматривается только механическое и пневматическое оборудование троллейбуса.

В описательной части механического оборудования троллейбуса по возможности выдержана терминология и последовательность изложения, принятая при изучении конструкции автомобиля.

В части расчетной отнесен лишь специфический расчет силовой передачи троллейбуса, а также несколько подробнее изложена глава о расчете тормозов, подкреплённая некоторыми опытными данными, имеющимися в распоряжении автора.

В книге сознательно опущены расчеты таких механизмов троллейбуса, как передний мост, рулевое управление, подвеска и т.п., поскольку материал по перечисленным механизмам можно найти в указанных уже трудах по расчету автомобиля.

Содержание настоящей книги посвящено главным образом описанию троллейбуса марки ЯТБ Ярославского государственного автомобильного завода. Электрооборудование для этой марки троллейбусов, в основном, поставляется Московским заводом Динамо им. Кирова.

К настоящему времени заводом выпущены четыре типа троллейбусов и подготавливается к пуску в серию пятый тип.

Троллейбусы типа ЯТБ-1, ЯТБ-2, ЯТБ-4 и ЯТБ-4А представляют собою по существу развитие одной и той же конструкции

двухосной с деревянным кузовом одноэтажной машины, рассчитанной на перевозку 50 пассажиров.

Троллейбус ЯТБ-3 является двухэтажным экипажем с металлическим кузовом, установленным на трехосном шасси и рассчитанным на перевозку 80 пассажиров.

Кроме того в отдельной главе в сжатом виде дано описание троллейбуса марки ЛК, который является родоначальником современного троллейбусного транспорта в СССР.

В основу конструкций всех типов советских троллейбусов был положен тип троллейбуса, получивший в последнее время наибольшее распространение в Европе и Америке. Этот тип характеризуется одномоторным приводом ведущих колес через специальную силовую передачу, автомобильного типа и применением компаундного тягового двигателя, обеспечивающего электрическое торможение.

Первые троллейбусы марки ЛК создавались на базе автомобильных шасси и имели ряд существенных недочетов, большинство которых объясняется различными условиями работы троллейбуса и автомобиля.

Троллейбусы марки ЯТБ имеют уже специально спроектированное шасси, оборудованы пневматическими тормозами и все основные агрегаты их выполнены с учетом специфических условий работы троллейбуса.

В настоящей книге нами дано описание агрегатов шасси и пневматического оборудования, дающие возможность составить более или менее полное представление о конструкции упомянутых выше типах троллейбуса.

В расчетных главах даются методы расчета специфических узлов троллейбуса, на основе которых в дальнейшем сделаны проверочные расчеты и проведены сравнения различных типов узлов между собой.

Предлагаемый нами метод расчета силовой передачи троллейбуса, составляющий содержание главы IV, насколько известно автору, в литературе излагается впервые и поэтому отдельные места его нуждаются в дальнейшем уточнении и теоретическом обосновании некоторых вопросов, а также требуют экспериментальной проверки для подтверждения части принятых допущений.

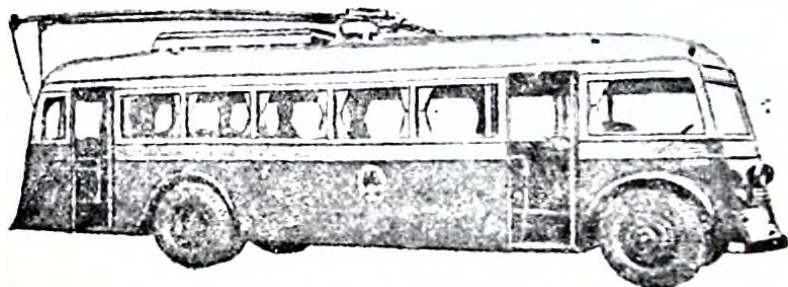
Однако, по нашему мнению, уже в изложенном виде расчет может дать более или менее правильную картину в вопросах, связанных с определением напряжений в деталях силовой передачи и позволяют провести сравнение выполненных конструкций.

Троллейбусы типа ЯТБ-1, ЯТБ-2 и ЯТБ-4

I. Троллейбус ЯТБ-1

Троллейбус типа ЯТБ-1 представляет собой двухосный экипаж, имеющий деревянный кузов, рассчитанный на перевозку 50 пассажиров (фиг. 1 и 2). Кузов оборудован 34 мягкими сиденьями, отдельной кабины для водителя нет.

Троллейбус предназначен для движения на усовершенствованных дорогах и при полной нагрузке может развить скорость до



Фиг. 1. Внешний вид троллейбуса ЯТБ-1.

40 км/час. Среднее ускорение троллейбуса при разгоне порядка $0,7 \text{ м/сек}^2$.

Тяговой двигатель троллейбуса, мощностью 60 kW, с компаундным возбуждением управляется электромагнитными контакторами, включающимися при помощи контроллера кулачкового типа, приводимого в действие от ножного привода.

Электрическая схема соединенный двигателя обеспечивает, кроме нормального пуска в ход, рекуперативное торможение до скорости 18 км/час, с отдачей энергии в сеть, и реостатное торможение до полной остановки. Электрическое торможение включается при обратном ходе пусковой педали контроллера. Вся аппаратура троллейбуса рассчитана на работу под номинальным напряжением в сети 550 V.

Питание током происходит при помощи двух токоприемников, расположенных на крыше троллейбуса, снабженных на концах роликовыми головками.

При номинальной высоте подвески контактных приводов в 5,5 м и номинальной длине штанг токоприемников 6 м, троллейбус может отклоняться от сети, в сторону, на 4,5 м.

Основное электрическое оборудование троллейбуса расположено в передней стенке кузова, для чего последняя снабжена специальными шифоньерами, с доступом к аппаратам как изнутри кузова, так и снаружи его.

На крыше троллейбуса, помимо токоприемников, располагаются пусковые сопротвления двигателя и радиореакторы.

Тяговой двигатель и вся силовая передача, включая центральную часть заднего моста, смонтирована в левую сторону по отношению к продольной оси троллейбуса.



Фиг. 2. Внутренний вид троллейбуса ЯТБ-1.

Это дало возможность понизить высоту уровня пола в кузове, так как выступающие части тягового двигателя и заднего моста попадают не в центральный проход, а под боковые пассажирские сиденья.

Внутренность кузова оборудована электрическими печами и освещением, работающими от напряжения 550 В.

Лобовые стекла снабжены стеклообогревателями.

Для подсобных целей троллейбус снабжен низковольтным оборудованием, состоящим из генератора мощностью 250 W, аккумуляторной батареи из двух 6-вольтовых аккумуляторов, соединенных последовательно, и реле-регулятора.

Потребителями тока низкого напряжения являются фары, габаритные фонари, стоп-сигнал, запасное освещение в кузове, звонок кондуктора и сигнал водителя.

На шасси троллейбуса смонтирована пневматическая система, обслуживающая тормозной привод на колеса, управления пассажирскими дверями и пневматический стеклоочиститель.

Мертвый вес троллейбуса в среднем составляет 9250 кг. При полной нагрузке, считая вес одного человека 70 кг, общий вес троллейбуса равен 12750 кг, причем на переднюю ось в статическом состоянии приходится около 35% полного веса или 4500 кг.

Для равномерного распределения нагрузки на все шины задний мост снабжен двухкатными колесами.

Шины взаимозаменяемы для передних и задних колес и размер их составляет 19,50 × 20".

I. Механическое оборудование

Механическое оборудование троллейбуса ЯТБ-1 представляет собой тип оборудования автобусного типа, с пониженной рамой и с учетом специфического расположения электрической аппаратуры в кузове.

Конструкция и расположение отдельных агрегатов также представляет собою копию автомобильных механизмов, причем в наиболее ответственных из них завод-изготовитель применил конструкции, зарекомендовавшие себя за последнее время в эксплуатации автомобильного и троллейбусного парка.

На фиг. 3 (см. вклейку в конце книги) представлено общее расположение механического оборудования на раме троллейбуса.

Вращение к ведущим колесам передается от тягового двигателя 1, при помощи составного промежуточного вала 2, снабженного с обоих концов мягкими карданами 3, к валу центрального тормоза, вращающегося на подшипниках в специальном картере 4, закрепленном на одной из поперечин рамы. На этом же валу сидит диск центрального тормоза 5, служащий для торможения троллейбуса.

От центрального тормоза вращение передается на карданный вал 6; этот вал выполнен также составным и по концам снабжен жесткими карданами 7.

От последнего жесткого карданного соединения приводится вал червячной передачи, дифференциал и полуоси, заключенные в одном общем картере заднего моста 8.

По концам картера заднего моста расположены задние ведущие колеса 9, получающие вращение от полуосей и заставляющие двигаться весь троллейбус.

В передней части рамы расположен передний мост 10, несущий на себе управляемые колеса 11; управление осуществляется при помощи системы тяг, рычагов и специального рулевого механизма 12.

Передний и задний мосты соединяются с рамой при помощи полуэллиптических рессор 14 и 15. Кроме того задний мост, для передачи толкающих и тормозных усилий на раму, соединен с последней дополнительно толкающими штангами 16, не ограничивающими вертикальных перемещений моста по отношению к раме, но вместе с тем препятствующими продольным, относительно рамы, перемещениям.

Промежуточный и карданный валы с карданами

Промежуточный и карданный валы предназначены для передачи вращения от вала двигателя к центральному тормозу и далее к заднему мосту. Карданная передача необходима при наличии переменных углов между осями соединяемых агрегатов.

Мягкие карданы, установленные на промежуточном валу, могут работать при угле между валами до $3-5^\circ$, жесткие карданы карданного вала — при угле до $30-40^\circ$. Мягкие карданы представляют собой два трехлапника 1 и 2 (фиг. 4), которые насаживаются на соединяемые валы и связываются между собой при помощи прорезиненных дисков 3.

удобства монтажа и регулировки снабжаются по концам правой и левой резьбой.

Для большего удобства регулировки привода тормозных камер в эксплуатации рычаги 14 и 20 соединяются с валами разжимных кулаков не непосредственно, а через специальную червячную передачу. Схематически это соединение показано на фиг. 30; конструкция механизма видна из фиг. 10 и 44.

Нижняя часть рычага 1 представляет собой пустотелый корпус, могущий свободно вращаться на валу 2 разжимного кулака.

В верхней части корпуса расположен червяк 3, один из концов которого выведен наружу и снабжен квадратом 4, для вращения червяка при помощи гаечного ключа. На валу 2 разжимного кулака, на шпунке, посажена червячная шестерня 5, сцепленная с червяком 3. Червячная пара выполнена необратимой.

При нормальном воздействии на верхний конец рычага 1 (при помощи тяги) рычаг вместе с корпусом и червяком будет поворачиваться в направлении действия тяги. Поворот червяка вызовет вращение червячной шестерни 5, а вместе с ней и разжимного кулака 6, что и создаст торможение колеса.

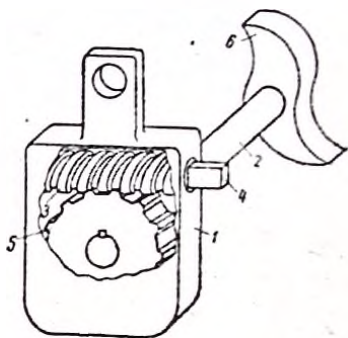
Вместе с тем при регулировке тормоза вследствие износа тормозных накладок колодок, или по каким-либо другим причинам, нет необходимости в изменении длины тяг тормозного привода.

Для подтяжки или регулировки достаточно, не разбедняя привода, повернуть на несколько оборотов в ту или другую сторону червяк 3 механизма. При повороте червяка корпус рычага не будет трогаться с места, так как этому будет препятствовать тяга, соединенная с остальной системой.

Таким образом поворот червяка должен будет вызвать вращение шестерни 5, а вместе с ней и движение разжимного кулака 6.

Тормозные колодки будут при этом расходиться в большей или меньшей степени и, таким образом, тормоз может быть отрегулирован.

Преимущество такого регулировочного механизма заключается в простоте регулировки и главное в неизменности положения тяг передачи относительно рычагов системы. При наличии описанного механизма тяги всегда будут занимать правильное (перпендикулярное) положение относительно соединяющихся с ними рычагов, чем и достигается одно из условий наилучшей регулировки тормозов.



Фиг. 30. Схема червячного механизма для регулировки тормозов.

II. Троллейбус ЯТБ-2

Троллейбус ЯТБ-2 представляет собой дальнейшее развитие предыдущего типа троллейбуса. Здесь улучшена конструкция

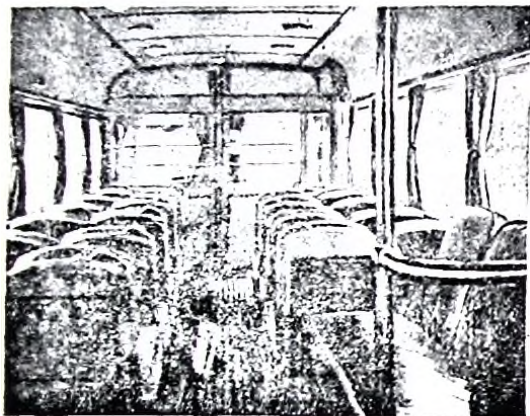
отдельных элементов механизмов и устранены некоторые недостатки троллейбуса ЯТБ-1, выявившиеся при эксплуатации.

Общая техническая характеристика троллейбуса в отношении вместимости, мощности двигателя, конструкции агрегатов механического и пневматического оборудования, внешнего вида кузова и т. п., осталась без изменения.

Основные изменения, внесенные в троллейбус ЯТБ-2, сводятся к введению отдельной кабины для водителя с индивидуальным входом, уничтожению центрального тормоза, упрощению схемы пневматического оборудования; кроме того внесены некоторые изменения в расположении электрической аппаратуры в кузове и изменена конструкция рамы.

Введение отдельной кабины для водителя (фиг. 31) диктовалось соображениями удобства работы водителя и лучшей защиты электрической аппаратуры, расположенной ранее в передней стенке кузова.

Электрическая аппаратура в троллейбусе ЯТБ-1 весьма часто подвергалась воздействию влаги, проникавшей через наружные



Фиг. 31. Внутренний вид троллейбуса ЯТБ-2.

смотровые люки. Введение отдельной кабины позволило уничтожить люки ввиду переноса электрической аппаратуры с передней на заднюю стенку кабины. Осмотр аппаратуры можно производить как из самой кабины, так и из пассажирского салона.

Задняя стенка кабины выполнена во всю ширину кузова; для входа в кабину прорублена специальная дверь в левой передней части троллейбуса.

Уничтожение центрального тормоза в силовой передаче троллейбуса вызвано вредным влиянием этого тормоза на червячный редуктор и полуоси.

Практика эксплуатации троллейбусов ЯТБ-1 показала, что резкое, аварийное, торможение центральным тормозом создает весьма большие нагрузки на все детали силовой передачи и нередко приводит к полному разрушению последних.

Помимо разрушения червячных шестерен встречаются случаи выдавливания червяка редуктора из картера, полного скручивания полуосей и т. п. В связи с возникновением таких явлений и пришлось отказаться от центрального тормоза, так как запретить пользоваться им, за исключением другого сильного тормоза, не представлялось возможным. Одновременно с отказом от центрального

тормоза были предприняты некоторые меры по усилению пневматического тормоза.

Благодаря упрощению центрального тормоза отпала необходимость в промежуточном вале с мягкими карданными соединениями, вследствие чего оказалось возможным сдвинуть назад тяговый двигатель и соединить его якорь непосредственно с первым игольчатым карданом наклонного карданного вала. Таким образом силовая передача несколько упростилась.

Рама троллейбуса также значительно усовершенствована. Вместо составных продольных лонжеронов применены сплошные, соответствующим образом изогнутые как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях лонжероны. Поперечины в большинстве своем заменены трубчатыми. Эти мероприятия привели к уменьшению веса рамы и, самое главное, позволили поднять ее жесткость, которая в троллейбусе ЯТБ-1 была недостаточна.

Общий вид шасси ЯТБ-2 с новой рамой приведен на фиг. 32*. Тяговый двигатель и силовая передача остались попрежнему смещенными относительно продольной оси троллейбуса.

Наибольшим изменениям подверглась пневматическая система троллейбуса.

Одной из особенностей пневматической системы троллейбуса ЯТБ-1 по сравнению с ЯТБ-2 являлось применение в качестве трубопроводов медных трубок сравнительно небольшого сечения (8 мм в свету) и введение специальных клапанов, ускоряющих действие тормозов на передних и задних колесах.

В системе ЯТБ-2 это ускорение действия тормозов достигается увеличением сечения трубопроводов и клапанов аппаратов, без применения ускоряющих действие механизмов.

Благодаря увеличению сечения трубопроводов (до 12 мм в свету) и устранению ускоряющих клапанов оказалось возможным применить железные трубы вместо медных и значительно упростить всю систему.

Помимо этого изменена последовательность соединения резервуаров для обеспечения наилучшей очистки воздуха, поступающего в аппараты системы, от масла и конденсированной влаги.

Это мероприятие позволило отказаться от сепаратора. В связи с введением закрытой кабины водителя, у входной пассажирской двери (около места кондуктора) установлен дополнительный край управления дверьми.

В результате всех изменений, внесенных в пневматическую систему ЯТБ-1, система ЯТБ-2 приняла вид, показанный на фиг. 33.

Воздух из компрессора 1 подается по трубке 2 непосредственно в резервуар 3. У выхода из головки компрессора располагается предохранительный клапан 4. Перед резервуаром в трубопровод 2 включен обратный клапан 5. Из резервуара 3 воздух поступает по трубке 6 в резервуар 7, из которого и происходит отбор воздуха на всю пневматическую систему.

Благодаря большому сечению резервуаров, имеющих диаметр около 200 мм, воздух, проходя через них, резко снижает свою

* См. вклейку в конце книги.

систему троллейбуса ЯТБ-2 введен ручной тормоз, действующий на те же колодки задних колес, что и пневматический.

Ввиду того, что на троллейбусах ЯТБ-1 пневматический тормоз показал себя недостаточно сильным, в тормозной системе ЯТБ-2 он был усилен путем введения большего размера рычагов, сидящих на валах разжимных кулаков задних колес. В результате этих изменений тормозные пути троллейбуса ЯТБ-2 имеют следующую характеристику.

Ручной тормоз, действующий на колодки задних колес, дает тормозной путь, при движении с полной нагрузкой, со скоростью 30 км/час 20 м.

Пневматический тормоз, действующий попрежнему на четыре колеса, при тех же условиях дает тормозной путь 12 м.

Электрический тормоз по своей эффективности изменился незначительно, за счет небольшой разницы в электрической схеме.

На фиг. 34 приведена схема тормозного привода троллейбуса ЯТБ-2.

Усилие, приложенное на рукоятке 1 стояночного тормоза передается через тягу 2 на рычаг 3. От рычага 3 через тягу 4 усилие передается на раздаточный валик 5. От раздаточного валика усилие передается через рычаг 6 и тягу 7 к промежуточному валлику 8, приводящему в действие тормоз левого заднего колеса 12, а через рычаг 9 и тягу 10 усилие передается промежуточному валлику, приводящему в действие тормоз правого заднего колеса 13.

Конструкция промежуточных валликов идентична с таковыми же для троллейбуса ЯТБ-1. Тормозные камеры 14 и 15 задних колес действуют через рычаги 16 и 17 на промежуточные валлики 8 и 11.

Рычаги разжимных кулаков 18 и 19 для усиления действия тормоза взяты одинаковыми с рычагами 20 и 21 тормозов на передние колеса, т. е. с плечами $l=127$ мм вместо $l=110$ мм для тормозного привода ЯТБ-1.

Привод передних колес остался без изменений.

Что касается конструкции карданного вала, заднего моста с червячной передачей, переднего моста и рулевого управления, то все они взяты целиком с троллейбуса ЯТБ-1.

Благодаря изменению конструкции рамы и некоторым другим мероприятиям мертвый вес троллейбуса ЯТБ-2 снижен с 9250 до 8300 кг.

III. Троллейбус ЯТБ-4

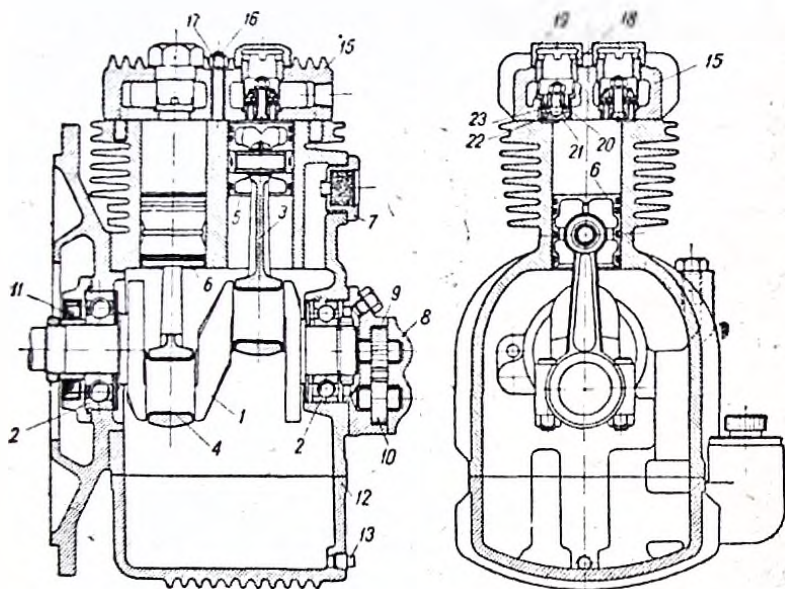
Следующим этапом развития троллейбуса Ярославского автомобильного завода явился тип ЯТБ-4. От предыдущих типов он отличается более мощным тяговым двигателем, некоторыми изменениями в управлении тормозами, конструкцией червячного редуктора и конструкцией компрессора пневматической системы. В основном тип ЯТБ-4 повторяет троллейбус ЯТБ-2.

Тяговой двигатель троллейбуса ЯТБ-4, имеющий также ком-

Подача компрессора составляет 87 л/мин при 1200 об/мин коленчатого вала. Мощность мотора компрессора равна 0,54 кВт. Охлаждение компрессора воздушное; смазка под давлением от собственного шестеренчатого масляного насоса, расположенного в картере компрессора.

Коленчатый вал 1 вращается на двух шариковых подшипниках 2 и представляет собою одно целое с валом якоря электромотора.

Шатун 3 стальной, штампованный с разъемной нижней крышкой. Крышка стягивается двумя болтами. Нижняя головка ша-



Фиг. 37. Компрессор пневматической системы ЯТВ-4.

туна снабжена вкладышем 4 с заливкой последнего баббитом. В верхнюю головку запрессована бронзовая втулка, в которой и происходит вращение полого поршневого пальца 5.

Поршень 6 литой, чугунный с двумя компрессионными поршневыми кольцами, расположенными у дна цилиндра, и одним масло-сбрасывающим кольцом — у юбки поршня.

Картер компрессора сообщается с атмосферой при помощи сапуна 7, снабженного волосняной набивкой.

Масляный насос, получающий вращение от коленчатого вала, расположен в специальной коробке 8 и состоит из двух шестерен 9 и 10, засасывающих масло со дна картера по специальному каналу в стенке картера. Подача масла в шатунные подшипники происходит по сверлениям в коленчатом вале. Остальные детали

смазываются разбрызгивателем. Для предотвращения попадания смазки на компрессора в электромотор коленчатый вал снабжен сальником 11.

Картер компрессора выполнен в виде целой отливки с блоком цилиндров и снабжен ребрами для лучшего охлаждения. Снизу картер закрывается крышкой 12, снабженной спускной пробкой 13 и наливной горловиной для масла, с указателем уровня масла.

Головка цилиндров 15 представляет собою отдельную отливку, также имеющую ребра для охлаждения, и несет в себе два всасывающих и два выхлопных клапана. Крепление головки к блоку производится при помощи шпилек 16 и гаек 17.

Всасывающий клапан состоит из гнезда 18, ввертываемого в головку цилиндров на резьбе и закрываемого сверху крышкой 19. К нижней части гнезда при помощи болта и гайки 20 крепится чашка 21, в которой находится пружина 22. Собственно клапан представляет собою круглую пластинку 23 с отверстием в центре, надеваемую на болт, крепящий чашку, которая прижимается к торцу гнезда 18 при помощи пружины 22. Таким образом при отсутствии разрежения в цилиндре клапан всегда будет закрыт. Засасывание воздуха при ходе поршня вниз происходит через отверстие в головке, далее воздух своим давлением открывает клапан 23 и падает в цилиндр компрессора.

Выпускной клапан конструктивно выполнен одинаково со всасывающим: разница заключается в том, что его чашка, заключающая в себе пружину, удерживающую клапан в закрытом положении, перевернута по сравнению со всасывающим клапаном. Всасывающие и выхлопные клапаны обоих цилиндров попарно соединены между собой при помощи каналов в отливке головки. Таким образом данная конструкция компрессора работает по принципу четырехтактного двигателя.

Компрессор и мотор описанного устройства представляют собой компактную и легкую конструкцию, издающую при работе весьма незначительный шум, благодаря отсутствию соединительной муфты, а также ввиду подвески к шасси при помощи упругих резиновых втулок.

Мотор компрессора имеет несколько недостаточную мощность. Никаких других принципиальных изменений, по сравнению с троллейбусом типа ЯТБ-2 пневматической системы, а также и тормозного привода не внесено.

Остается без изменения также и конструкция рамы переднего и заднего мостов карданной передачи и рулевого управления*.

* На основании результатов испытания опытного образца троллейбуса типа ЯТБ-4 в дальнейшем предполагается для уменьшения тормозных путей пневматического тормоза увеличить плечи рычагов, передающих усилия от тормозных камер к разжимным кулакам.