

Канд. техн. наук КОРОТКОНОШКО Н.И.

СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАРОВОГО АВТОМОБИЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ДРОВАХ

В в е д е н и е

Паровой автомобиль, по роду применяемого топлива, имеет перед другими автомобилями то несомненное преимущество, что может надежно работать на дешевом местном низкокалорийном твердом топливе без его дорогостоящей предварительной подготовки. Применение паровых автомобилей и стационарных автомобильных паросиловых установок, работающих на швырковых дровах, торфе и бурых углях, снизит дефицит по жидкому горючему, сократит его перевозки по железнодорожным и водным путям в отдаленные центры и уменьшит зависимость ряда важнейших районов страны от их централизованного снабжения горючим. Таким образом проблема создания парового автомобиля, работающего, в первую очередь, на дровах, выдвинута насущными интересами нашей страны и является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Бюро паровых автомобилей при выборе тепловой схемы стремилось к достижению простоты общего решения, применительного к хозяйственным и климатическим условиям Союза.

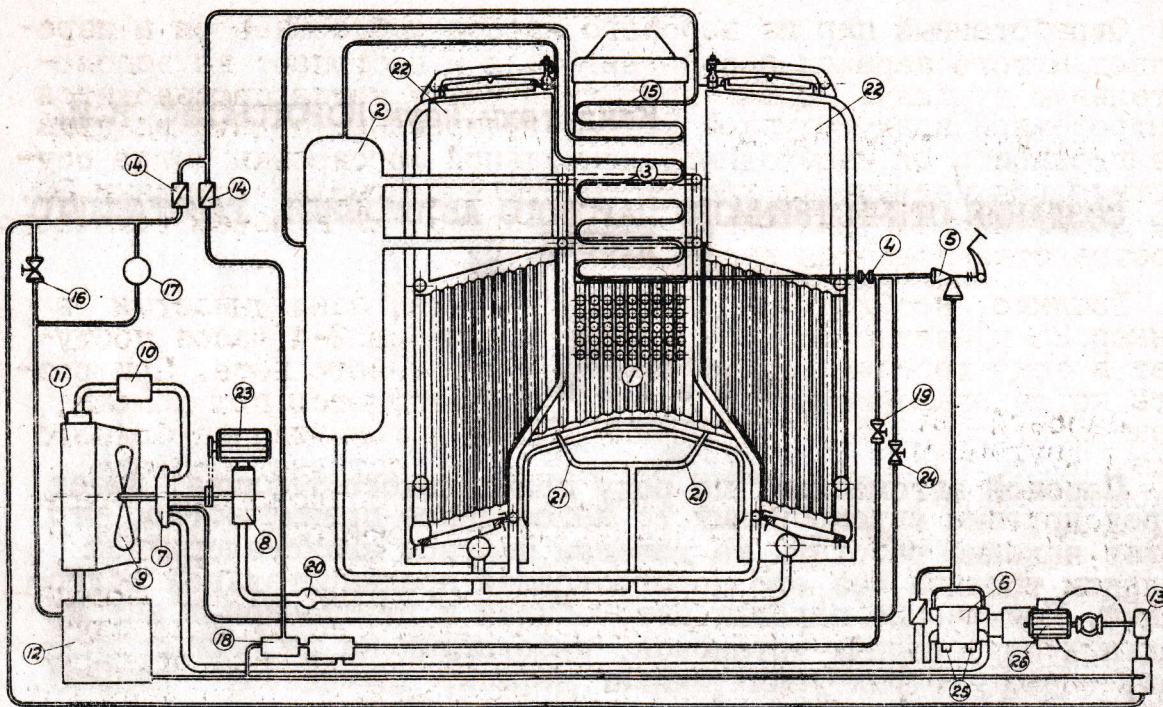
Из числа трех существующих типов паросиловых установок низкого, высокого и повышенного давления был выбран последний тип со следующими параметрами пара: давление 25 атм, температура перегрева 400°C. Паропроизводительность котла была задана 600 кг пара/час.

Тепловая схема парового автомобиля НАМИ-012

Тепловая схема паросиловой установки НАМИ-012 показана на фиг.1. В процессе работы насыщенный пар из верхней части котла 1 поступает в барабан 2, где происходит сепарация влаги. Из барабана пар поступает в пароперегреватель 3, откуда через главный запорный вентиль 4 и дроссельный клапан 5 направляется в цилиндры парового двигателя 6. Паровой двигатель представляет собой паровую машину однократного расширения и двухстороннего давления.

По выходе из цилиндров парового двигателя мятый пар поступает во вспомогательную турбину 7, которая приводит во вращение топочную воздухоудку 8 и осевой вентилятор 9. Вентилятор служит для обдува конденсатора. Из турбины 7 мятый пар через маслоотделитель 10 направляется в конденса-

гор 11, где охлаждается и, в форме конденсата, стекает в расходный бак 12.



Фиг.1. Тепловая схема автомобильной паросиловой установки НАМИ-012.

1-котел, 2-барабан котла, 3-пароперегреватель, 4-главный запорный вентиль, 5-пусковой (дроссельный) клапан, 6-паровая машина, 7-турбина мягого пара, 8-топочная воздуходувка, 9-вентилятор обдува конденсатора, 10-маслоотделитель, 11-конденсатор, 12-водяной бак, 13-приводной питательный насос, 14-обратные клапаны, 15-экономайзер, 16-перепускной клапан, 17-прибор автоматического поддержания уровня воды в котле, 18-паровой питательный насос, 19-вентиль пуска парового насоса, 20-воздушная заслонка, 21-подача вторичного воздуха, 22-топливные бункеры, 23-пусковой электромотор, 24-вентиль пуска турбины острым паром, 25 - предохранительные клапаны, 26 - электрогенератор.

Из бака 12 вода забирается приводным питательным насосом 13 и через обратные клапаны 14 подается в экономайзер 15 и оттуда поступает в барабан котла. Приводной насос получает вращение от парового двигателя и является основным рабочим питательным прибором. Регулирование подачи воды в котел осуществляется водителем при помощи перепускного вентиля 16. Открывая перепускной вентиль 16, водитель направляет избыток воды в бак 12. Перепускной вентиль расположен в кабине под левой рукой водителя. Наблюдение за уровнем воды в котле в процессе движения может производиться по водмерному стеклу из кабины водителя. Рабочее поддержание уровня воды в котле осуществляется по контрольным сигнальным лампам дистанционного указателя уровня, которые загораются попеременно при предельном снижении или предельном повышении воды в котле. Вместо ручного регулирования разрабатывается регулятор 17 для автоматического поддержания уровня воды в котле. На стоянках когда паровой двигатель не работает, а также в аварийных

случаях, при
отсутствии
перегретым

Отрабо
провод мят
пательную
центробеж
в зависимо
действую
для достиже
пространст

Топлив
бункер 22
нает в зон
ките котла
электромот
ида. Посл
вспомогате
приводится
предупрежд
при пуске
ны 25. Для
ит динамо
вого двига

Одной
установок
важность а
линии пот
установки
инструкто
ином мест
оборудован
исходя от
трубопроводов.

К
В
НАМИ-012 п



Фиг. 2. Паро...

случаях, питание котла водой производится резервным прямодействующим паровым насосом 18. Этот насос приводится в действие перегретым паром при помощи вентиля 19.

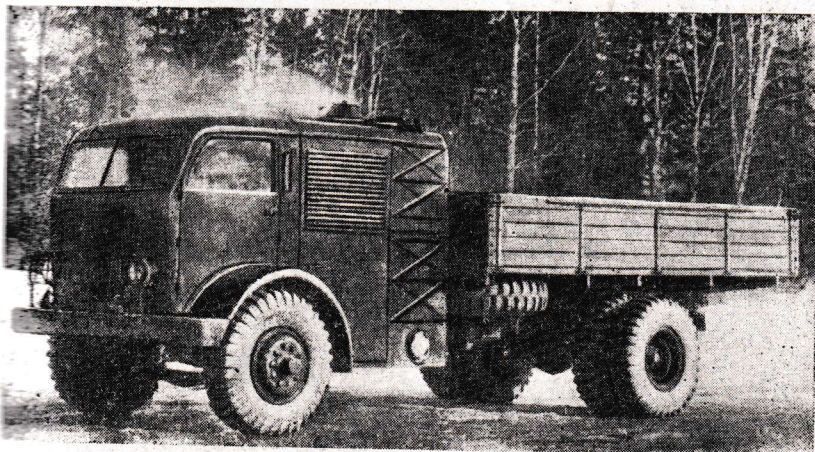
Отработанный пар из парового насоса выбрасывается в паропровод мягкого пара главного двигателя и поступает во вспомогательную турбину. Подача воздуха в топку котла производится центробежной воздуходувкой 8, а регулирование подачи воздуха в зависимости от необходимой длительной форсировки котла осуществляется вручную из кабины водителя с помощью заслонки 20. Для дожигания летучих через воздухопровод 21 в объем топочного пространства подается вторичный воздух.

Топливо, необходимое для работы котла, закладывается в бункер 22 и оттуда по мере выжигания в течение 2-4 часов поступает в зону горения под действием собственного веса. При розжиге котла вращение воздуходувки осуществляется при помощи электромотора 23 через ременный привод и механизм свободного хода. После того, как котловое давление достигнет 5-8 атм, вспомогательная турбина с помощью особого соплового аппарата приводится во вращение острым паром через вентиль 24. Для предупреждения возможных гидравлических ударов в цилиндрах при пуске парового двигателя служат предохранительные клапаны 25. Для подзарядки аккумулятора парового автомобиля служит динамомашинка 26, которая приводится во вращение от парового двигателя с помощью клиновидного ремня.

Одной из труднейших задач при проектировании паросиловых установок является достижение их компактности, так как разбросанность агрегатов и большая длина трубопроводов вызывают излишнюю потерю тепла и создают серьезные затруднения при эксплуатации в зимних условиях. Эти обстоятельства заставляют конструкторов собирать все агрегаты паросиловой установки в одном месте и максимально сокращать длину соединительных трубопроводов. В этом отношении паросиловая установка НАМИ-012 выгодно отличается своей компактностью и малой длиной трубопроводов.

Конструктивная схема парового автомобиля НАМИ-012

Внешний вид отечественного парового автомобиля НАМИ-012 показан на фиг.2. Паровой автомобиль в конструктивном и производственном отношении базируется на серийное шасси

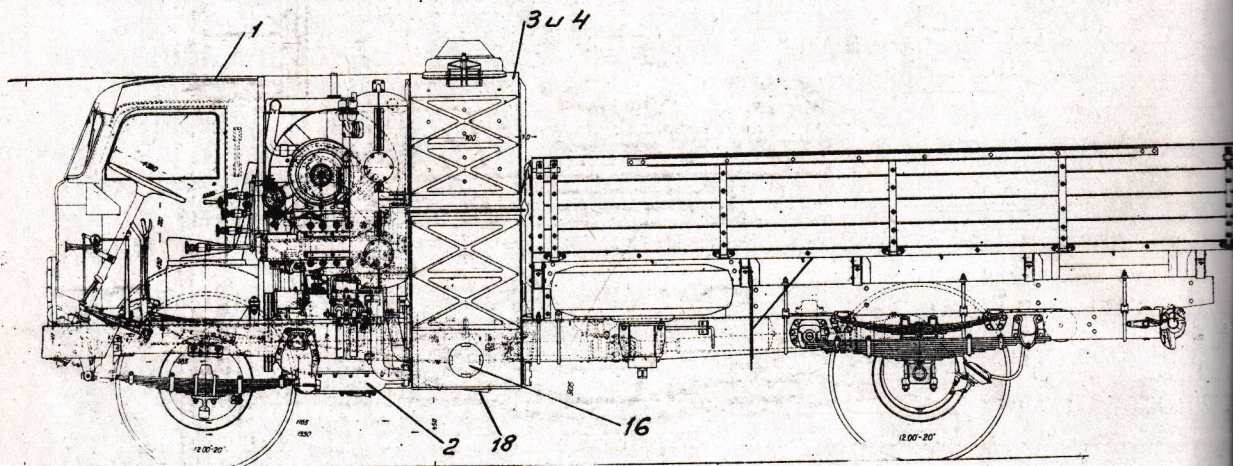


тяжелого грузового автомобиля ЯАЗ-200 и имеет следующую общую конструктивную схему. Впереди над передней осью расположена 3-местная кабина с постом управления левого расположения, за которой под специальным

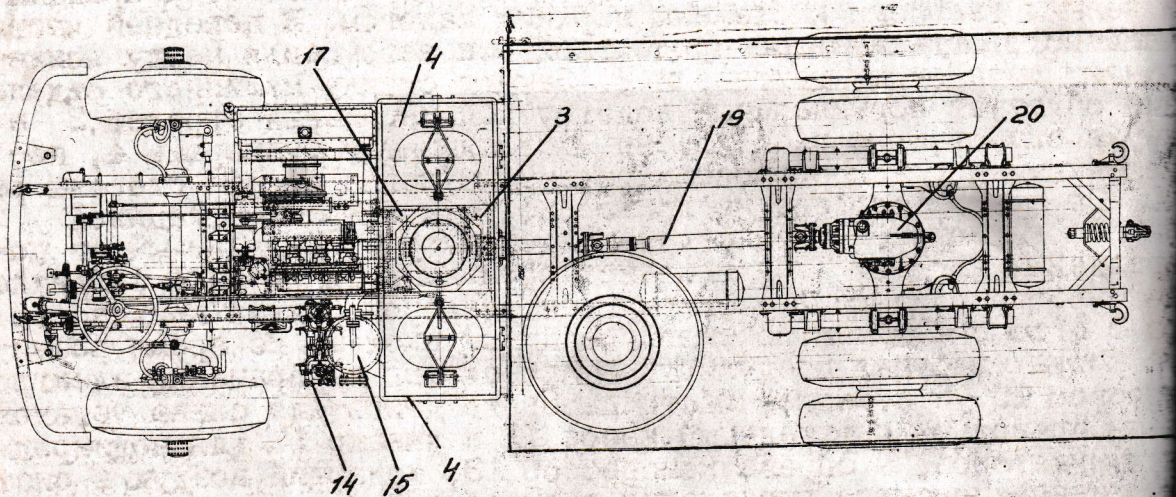
Фиг.2. Паровой автомобиль НАМИ-012.

капотом размещено машинное отделение со всеми механизмами паросиловой установки, включая паровой двигатель и котельный агрегат. За машинным отделением позади котла установлена стандартная грузовая платформа. При использовании парового автомобиля в качестве тягача для вывозки бревен вместо грузовой платформы над задней осью монтируется поворотный коник. В этом случае шасси может иметь укороченную продольную базу. Сборка автомобиля агрегатирована так, что крупные специфические агрегаты могут полностью изготавливаться на специализированных заводах и в готовом виде поставляться заводу-изготовителю парового автомобиля.

Взаимное расположение агрегатов на шасси парового автомобиля показано на фиг. 3, 4 и 5. Кабина водителя 1 вынесена вперед и изолирована перегородкой с войлочной термоизоляцией от машинного отделения. В кабине расположены органы управле-

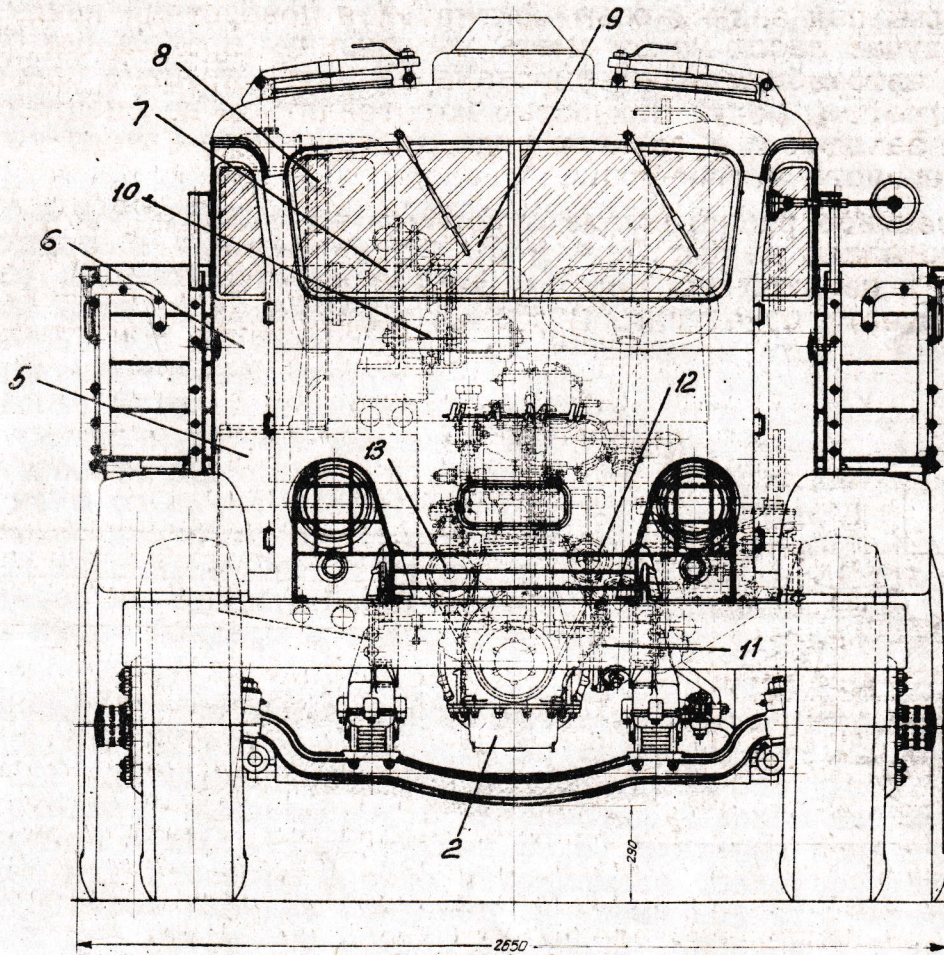


Фиг. 3



Фиг. 4

ния автомобилем, вентили управления паросиловой установкой и приборы, контролирующие работу агрегатов и механизмов. Позади кабины расположено машинное отделение. В машинном отделении агрегаты расположены так, что все механизмы, требующие наблюдения и обслуживания, расположены слева по ходу автомобиля.



Фиг. 5

Доступность к местам обслуживания обеспечивается правыми и левыми дверцами и съемным верхним капотом. В передней части машинного отделения по продольной оси автомобиля между лонжеронами установлен двигатель 2. Заднюю стенку машинного отделения образует вертикальный водотрубный котельный агрегат 3 с двумя симметрично расположенными топливными бункерами 4, помещенными над колосниковыми решетками котла по обе стороны рамы. По правой стороне на лонжероне рамы закреплен водяной бак 5, на котором установлен конденсатор 6, защищаемый от повреждения жалюзи. За конденсатором на водяном баке закреплена турбина привода 7 с осевым вентилятором обдува конденсатора 8 и топочной центробежной воздуходувкой 9. Во время розжига котла топочная воздуходувка приводится во вращение электромотором 10. В передней части парового двигателя слева установлены приводной питательный насос 11 и динамо 12 для подзарядки аккумуляторов, а справа компрессор 13, подающий воздух в систему пневматического управления тормозами.

Паровой прямодействующий насос 14 установлен на левом лонжероне возле барабана котла. Для обеспечения равномерной загрузки

сти парных колес барабан котла 15 установлен слева по ходу автомобиля на значительном расстоянии от продольной оси. На барабане котла установлено водомерное стекло, поплавковый механизм дистанционного указателя уровня и предохранительный клапан. Таким образом основные агрегаты в машинном отделении расположены так, что все механизмы, требующие наблюдения и обслуживания, расположены слева по ходу автомобиля и находятся в положении хорошей доступности. С этой же целью клапанный парораспределительный механизм, маслосливная горловина и щуп для контроля за уровнем масла расположены на левой стороне блока двигателя.

Нормальное для автомобиля расположение двигателя и трансмиссии и рациональное размещение тяг управления достигнуты тем, что котельный агрегат седлообразно установлен на раму автомобиля. Для достижения этого колосниковая решетка котла расчленена надвое и симметрично расположена по обе стороны рамы под топливными бункерами 4, а конвективные поверхности, пароперегреватель и экономайзер помещены в средней газовой шахте между бункерами. Благодаря такому конструктивному решению достигнута хорошая доступность к шуровочным отверстиям котла 16, осуществлена достаточная высота горящего слоя топлива и освобождено межлонжеронное пространство для размещения силовой передачи к заднему мосту и тяг управления. Кроме этого созданы возможности осуществления привода на передний ведущий мост и получен большой просвет в средней части автомобиля.

Трансмиссия парового автомобиля состоит из трехдискового сцепления 17, двухступенчатой коробки передач 18, карданных валов 19 и заднего моста 20. Задний мост автомобиля ЯАЗ-200 установлен на паровой автомобиль с уменьшенным передаточным числом главной передачи (5,96 вместо 8,21). Общая компоновка автомобиля допускает возможность отбора мощности для разных потребителей и в том числе на передний ведущий мост. Грузовая платформа и крепление запасного колеса оставлены без изменений, но при компоновке отодвинуты назад на 70 мм.

Шасси автомобиля ЯАЗ-200 подвергнуто изменениям в части крепления двигателя, поперечин рамы, конструкции и крепления кабины, а также механизмов управления. Наряду с этим паровой автомобиль унифицирован с ЯАЗ-200 в отношении продольной и поперечной базы, шин, подвески, переднего моста, рамы, платформы, руля, карданной передачи, заднего моста, тормозов, компрессора и других мелких механизмов и деталей. При такой степени использования элементов стандартного шасси возможно в более короткий срок достигнуть конструктивной и технологической зрелости парового автомобиля и облегчить условия его последующей наладки в серийном производстве.

Сборка парового автомобиля осуществлена на основе крупных агрегатов, а именно: шасси, парового двигателя со сцеплением, коробкой передач и центральным тормозом, котельного агрегата, комплекта вспомогательного оборудования в сборе и грузовой платформы. Многочисленные агрегатные сборки и разборки паросилового устройства автомобиля, произведенные в процессе доводки последнего, выявили хорошую технологическую возможность выполнения этих операций, а изготовление ряда паросиловых установок показало ее производственную технологичность.

Таким образом переднее расположение кабины, компактное размещение вспомогательного оборудования, вертикальное расположение парового двигателя и седлообразная установка вертикального котла на раме характеризуют общее конструктивное решение, как новое и рациональное.

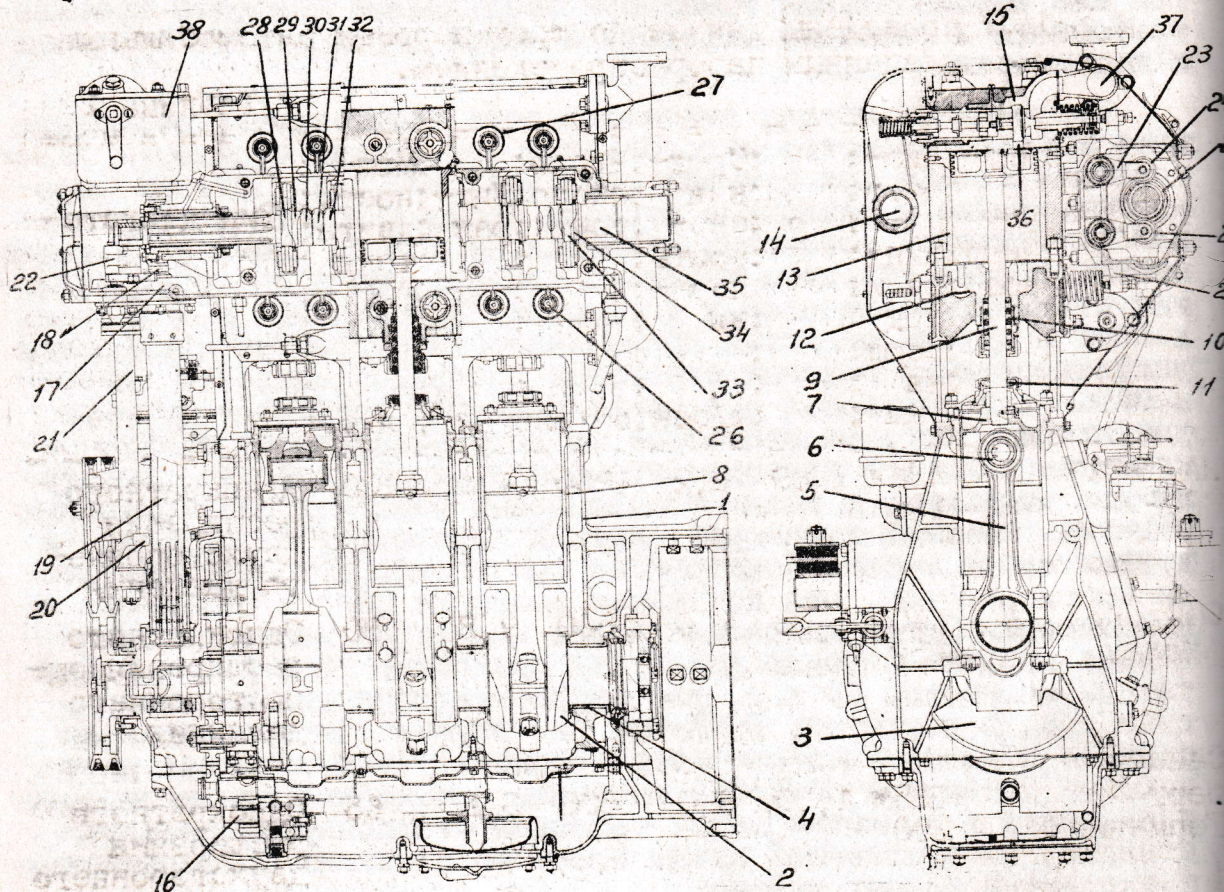
Из большого числа современных паросиловых установок различного типа наиболее совершенным является автомобильный тип, так как автомобильный транспорт предъявляет наиболее жесткие требования к силовому агрегату в части форсирования процесса и надежности.

Современные методы автомобильного производства обеспечивают высокое качество изготовления при низкой стоимости изготовления только при больших масштабах выпуска. Поэтому широкое внедрение в различные отрасли промышленности автомобильной паросиловой установки является не только одним из методов использования твердого местного топлива, но и способом снижения стоимости паросиловых установок. Комплексная механизация лесной и других отраслей промышленности потребует применения унифицированных силовых агрегатов различной мощности. Автомобильная паросиловая установка НАМИ-012 допускает широкую унификацию, которая позволяет ее использование не только в качестве силового привода автомобиля, но в качестве двигателя для подвижных и малых стационарных тепловых электрических станций, паровых тракторов, легких паровозов, пародрезин и других типов машин. Конструкция собственно парового двигателя выполнена так, что допускает создание целого семейства двигателей. Путем изменения числа цилиндров можно дополнительно создать паровые двигатели мощностью 65 и 130 л.с. Двигатель мощностью 65 л.с. уже запроектирован для парового трактора, а двигатель НАМИ-012 без изменений установлен на опытном образце узкоколейного паровоза. Автомобильная паросиловая установка НАМИ-012 особенно необходима для массового применения в качестве малой тепловой стационарной электростанции, обслуживающей нужды колхозов и мелких кооперативных предприятий лесных районов.

Паровой двигатель НАМИ-012

Двигатель парового автомобиля выполнен в форме вертикальной трехцилиндровой паровой машины однократного расширения и двухстороннего давления. Паровой двигатель выполнен реверсивным с клапанным парораспределением. Изменение мощности двигателя в процессе движения автомобиля производится количественным и качественным регулированием. Количественное регулирование осуществляется путем изменения отсечки, т.е. длительности поступления пара в цилиндры за каждый рабочий ход поршня. Паровой двигатель НАМИ-012 имеет три степени наполнения для переднего хода 0,25, 0,45 и 0,7 и одну степень наполнения 0,7 для заднего хода. Для малого, среднего и большого наполнений на распределительном валу имеются кулачки определенного профиля. Изменение наполнений при работающем двигателе достигается осевым перемещением распределительного вала. Малое наполнение по характеру протекания рабочего процесса является наиболее экономичным и поэтому называется рабочим. Среднее наполнение рассчитано для работы на повышенных нагрузках, а большое - является пусковым.

Качественное регулирование мощности двигателя достигается дроссельным клапаном, с помощью которого в широких пределах изменяются параметры пара на впуске в цилиндры. Во время движения водитель воздействует ногой на педаль дроссельного клапана и изменяет степень его открытия. Сочетание количественного и качественного регулирования обеспечивает бесступенчатое изменение крутящего момента двигателя в весьма широких пределах.



Фиг. 6. Паровой двигатель НАМИ-012.

Конструкция парового двигателя показана на фиг. 6. Вертикальный тип двигателя двухстороннего давления выбран из условий более рационального размещения на автомобиле. Наряду с этим двигатель однократного расширения и двухстороннего давления прост по конструкции, не допускает попадания воды в картер и обеспечивает достаточную надежность и экономичность в работе. Попадание воды в картер требует применения немумльсирующих масел, что особенно нежелательно при низких температурах, когда оказывается возможным размораживание двигателя и закупоривание маслопроводов. Двигатель двухстороннего давления позволяет уменьшить общую поверхность теплоотдачи и, следовательно, снизить удельные расходы пара по сравнению с двигателями одностороннего давления. Наряду с этим трехцилиндровый двигатель двухстороннего давления с кривошипами, расположенными под 120° , создает равномерный крутящий момент, так как воспроизводит шесть рабочих ходов за один оборот коленчатого вала и обеспечивает запуск двигателя при любом положении поршней в любом направлении при отсечке выше 50%. Клапанное парораспределение, принятое в данном

случае, является простым и вместе с тем привычным для автомобильной промышленности.

Клапанное парораспределение не требует цилиндров и колец золотникового распределения, уменьшает работу трения и позволяет выполнить малые объемы вредного пространства, порядка 5-7%.

В табл.1 приведены данные по трем паровым автомобильным двигателям с клапанным парораспределением.

Таблица 1

Наименование двигателя	Число цилиндров	Диаметр цилиндра и ход поршня мм	$\frac{S}{b}$	Средняя скорость поршня м/сек	Число оборотов в мин	Литраж	Мощность двигателя л.с.	Тип двигателя
	3	125x1,00 125		5,2	1250		4,5	
НАМИ-012 СССР	3	125x1,00 125		5,2	1250	4,5	100	Однократного расширения двухстороннего давления
Сентенел Англия	4	140x1,08 152		7,6	1500	9,3	80	Однократного расширения одностороннего давления
Саксенберг Германия	2	115x1,30 150		6,0	800	3,1	65	Однократного расширения двухстороннего давления

Двигатель НАМИ-012 является современным и имеет потенциальные возможности для дальнейшего форсирования.

Основной несущей деталью парового двигателя автомобиля является блок-картер 1, в котором монтирован коленчатый вал 2 и шатуно-кривошипный механизм. Для уравнивания коленчатый вал снабжен привертными противовесами 3 и уложен на четырех жестких опорах. В паровом двигателе из-за отсутствия интенсивного подогрева коленчатый вал находится в благоприятных температурных условиях, что обеспечивает надежность работы вала и подшипников. Коленчатый вал выполнен достаточно жестким для обеспечения надежной передачи большого крутящего момента. Вкладыши подшипников 4 тонкостенные и по размерам приняты равными вкладышам тракторного дизеля.

Верхние головки шатунов 5 при помощи плавающих пальцев 6 соединены со стальными кулаками 7. Кулаки цементированы, имеют высокую твердость наружной поверхности и работают в сменных чугунных гильзах 8. Уплотнение штоков поршня 9 производится посредством сальников 10 и 11.

На блок-картере установлена общая для всех трех цилиндров крышка 12, в которой размещены впускные и выпускные клапаны нижних полостей цилиндров и сальники 10. Для подтяжки, набивки и смены сальников нижняя крышка имеет специальные проемы, через которые и осуществляются вышеупомянутые операции. На нижней крышке установлен литой чугунный блок 13 рабочих цилиндров парового двигателя. Для уменьшения теплоотдачи по боковой наружной поверхности блока цилиндров уложена и закреплена асбестовая термоизоляция. Теплоизолированы также паропроводы острого пара 14, нижняя 12 и верхняя 15 крышки цилиндров. Верхняя крышка цилиндров сверху закрывает блок цилиндров и размещает в себе впускные и выпускные клапаны верхних полостей цилиндров. Уплотнение между блоком цилиндров и крышками обеспечивается железобетонными прокладками. Для уменьшения теплоотдачи верхняя часть парового двигателя дополнительно закрыта легкоъемным алюминиевым кожухом.

Смазка кривошипношатунного механизма, механизма парораспределения, приводного питательного насоса и компрессора производится под давлением с помощью шестеренчатого масляного насоса 16, приводимого во вращение от шестерни коленчатого вала. Масляный насос сделан реверсивным для обеспечения смазки при вращении двигателя в любую сторону.

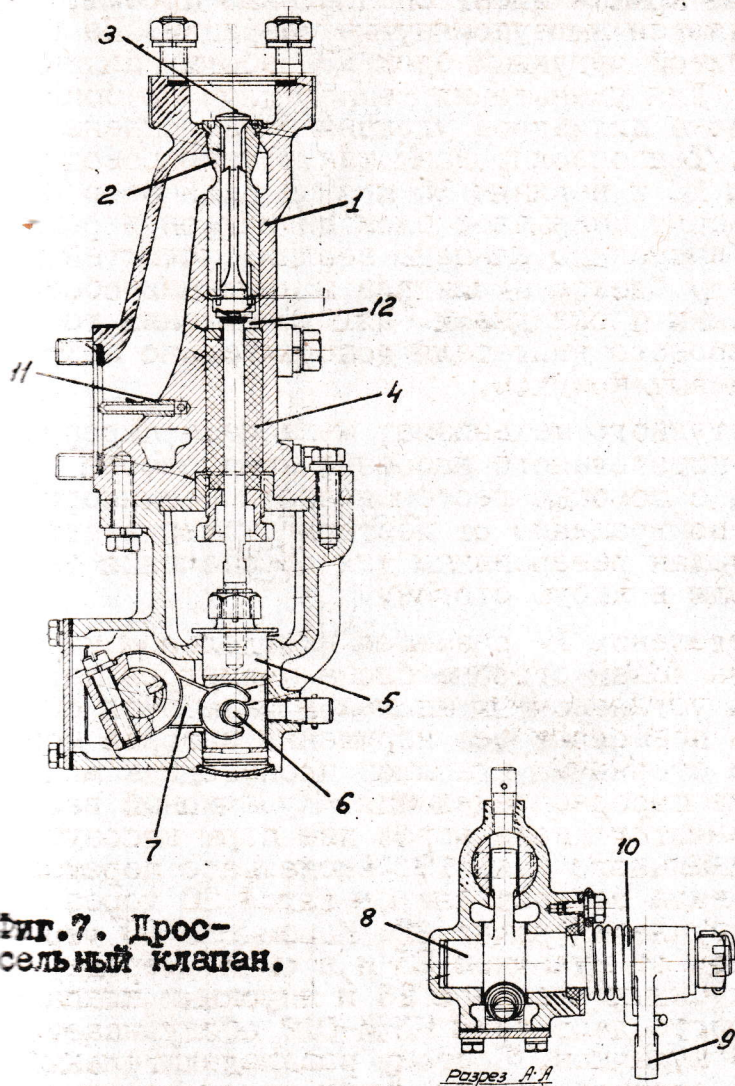
Механизм парораспределения 17 размещен в отдельном картере и в сборе укреплен на левой стороне блока цилиндров парового двигателя. Наличие установочных шпилек и размерная обусловленность конструкции позволяют без нарушения зазоров между толкателями коромысел и стержнями клапанов производить монтаж и демонтаж механизма парораспределения. Кулачковый вал получает вращение от коленчатого вала через две пары косозубчатых шестерен 18 и вертикального вала 19. Аксиальное перемещение распределительного вала осуществляется тягой 20 через вертикальный вал 21 и двуплечий рычаг 22. Коромысла 23 через ролики 24 получают привод от кулачков 25 и, в свою очередь, осуществляют привод выпускных клапанов 26 и впускных клапанов 27. Каждый цилиндр парового двигателя НАМИ-012 обслуживается самостоятельной группой кулачков. Поэтому распределительный вал парового двигателя, соответственно числу цилиндров, имеет три группы кулачков. Каждая из групп состоит из пяти кулачков различного профиля для обслуживания впускного клапана, а именно: задний ход 28, продувка 29, малое наполнение 30, среднее наполнение 31 и большое наполнение 32 переднего хода.

Для обслуживания выхлопных клапанов в каждой группе имеется три кулачка, а именно: задний ход 33, продувка 34 и передний ход 35. Три впускных кулачка переднего хода и впускной кулачок заднего хода, как уже указывалось, обеспечивают следующие наполнения: 0,25; 0,45; 0,7 и 0,7. Один кулачок впускного клапана и один кулачок выпускного имеют цилиндрическую форму и служат для продувки двигателя острым паром перед пуском. Поступление острого пара в цилиндры осуществляется через паропровод 14-й каналы 36, а выпуск через паропровод 37.

В процессе движения автомобиля осевым перемещением распределительного вала кулачок необходимого наполнения устанавливается против ролика 24 и тем самым изменяется степень наполнения и мощность двигателя.

Масло для смазки цилиндров парового двигателя подается плунжерным насосом, расположенным в баке 38. Конструкция

масляного насоса для смазки цилиндров допускает регулировку подачи в широких пределах. Плунжерный насос получает привод от вертикального вала 19 механизма распределения.



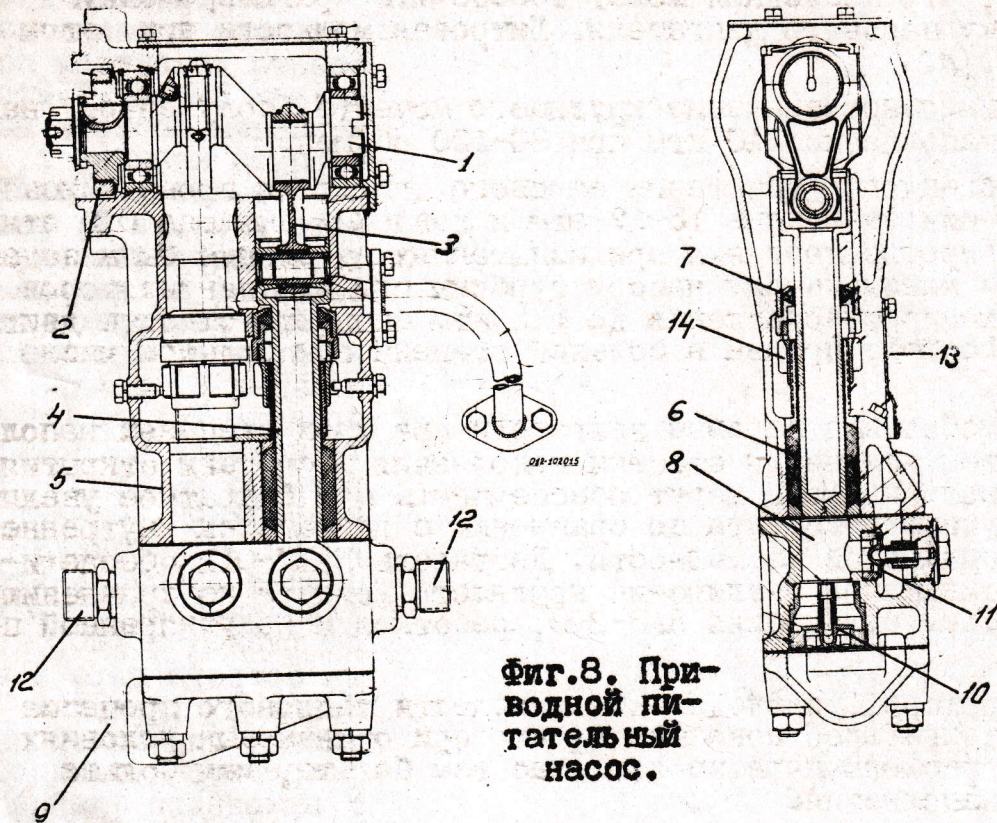
Конструкция дроссельного клапана парового двигателя показана на фиг.7. Этот механизм состоит из корпуса клапана 1, собственно дроссельного клапана 2, разгрузочного клапана 3, сальника 4, направляющей разгрузочного клапана 5, опорных пальцев 6, рычага привода 7, оси рычага привода 8, поворотного рычага 9 и возвратной пружины 10. К верхнему фланцу дроссельного клапана прикрепляется фланец паропровода острого пара, а к боковому фланцу - фланец впускного паропровода цилиндров. У выходного фланца поставлена форсунка 11 с сопловыми отверстиями, служащая для подачи цилиндрикового масла в перегретый пар. Дроссельный клапан 2 посажен на стержень разгрузочного клапана 3 с осевым

Фиг.7. Дроссельный клапан.

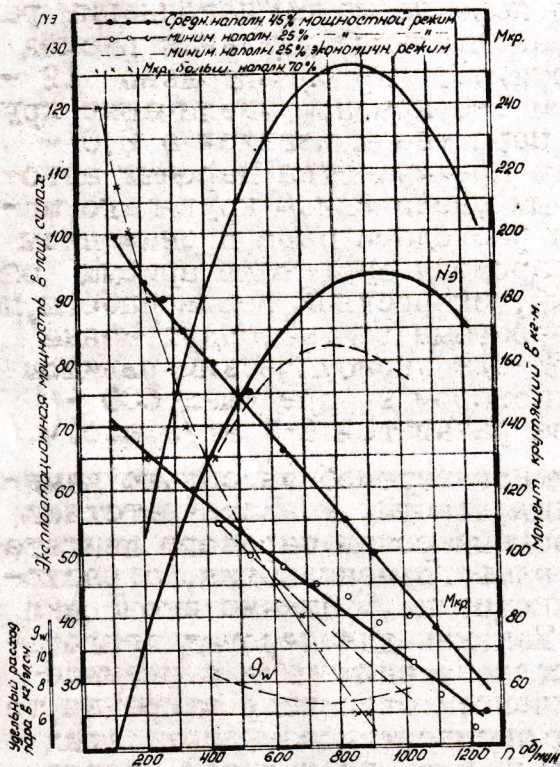
зазором - 1 мм. При нажатии на педаль, тяга управления через рычаги 7 и 9 поднимает разгрузочный клапан и впускает пар в полость 12. Вследствие этого дроссельный клапан в значительной степени разгружается противодавлением камеры 12 и легко управляется в процессе движения автомобиля.

Конструкция приводного двухплунжерного насоса, служащего для подачи воды в котел, показана на фиг.8. Коленчатый вал 1 через соединительную муфту 2 получает привод от шестерни коленчатого вала двигателя и передает движение через шатун 3 плунжеру 4, который уплотнен в картере 5 сальниками 6 и 7. Вода в рабочий цилиндр насоса 8 поступает через водопровод 9 и впускной клапан 10, а оттуда через клапан 11 нагнетается в водопровод 12. Подтяжка сальников производится через люк 13 с помощью гайки 14. Производительность насоса, полученная экспериментально, показана на фиг.9. Насос, работающий от привода двигателя парового автомобиля, должен иметь повышенную производительность, чтобы обеспечить подачу воды в котел при низких оборотах двигателя и форсированных режимах котла.

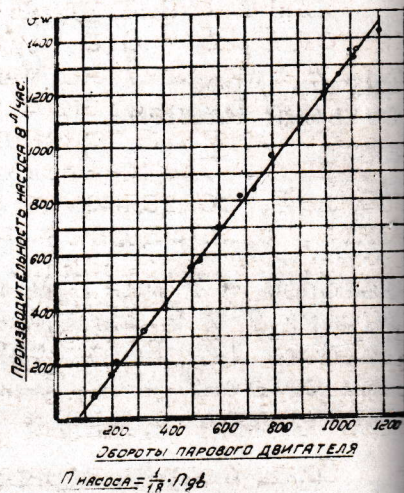
На фиг.10 показаны мощностные характеристики и графики изменения крутящего момента, полученные при разных степенях наполнения.



Фиг.8. Приводной питательный насос.



Фиг.10. Паровой двигатель НАМИ-012 (модернизированный образец) характеристики по оборотам.



Фиг.9. Характеристика приводного питательного насоса при давлении нагнетания 30 атм.

Мощность двигателя на малом наполнении, полученная без использования резерва котла, равна 94 л.с. при 950 об/мин. Мощность двигателя на

среднем наполнении, полученная при кратковременном использовании резерва котла, достигает 127 л.с. при 900 об/мин. Протекание графика мощности при использовании резерва котла показывает, что последний может обеспечить кратковременную форсировку парового двигателя. Литровая мощность при этом - 28,2 л.с./л.

Максимальное значение крутящего момента, полученное на большом наполнении 240 кгм при 80-100 об/мин.

Все стендовые испытания парового двигателя проводились при давлении на впуске 15-17 атм и давлении выхлопа 0,5 атм. Величина противодействия при испытаниях на стенде была задана равной минимальному напору турбины привода вентиляторов. Увеличение противодействия до 1,5 атм снижает мощность двигателя на 15-25%, причем в большей степени при большом числе оборотов.

Автомобильные паровые двигатели при трех степенях наполнения путем изменения степени наполнения и степени открытия дроссельного клапана могут обеспечивать 4 - 6-кратное увеличение крутящего момента по сравнению с двигателем внутреннего сгорания такой же мощности. Двигатель НАМИ-012 обеспечивает шестикратное увеличение крутящего момента по сравнению с двигателем автомобиля ЯАЗ-200, работающим на ускоренной передаче.

Лабораторные исследования в области теплового процесса паровых двигателей показывают, что при одинаковых условиях удельные расходы пара на л.с./час тем больше, чем больше степень наполнения.

Минимальный удельный расход пара на малом наполнении равен 6,25 - 6,5 кг/э.л.с.ч. Максимальный удельный расход пара на больших наполнениях достигает приблизительно 12 - 15 кг/э.л.с.ч. Таким образом при 4-6 кратном увеличении крутящего момента удельный расход пара увеличивается в 2,0 - 2,5 раза. Следовательно, тяговые преимущества паровых автомобилей, создаваемые многократным увеличением крутящего момента, оплачиваются повышенными расходами пара и снижением экономики автомобиля. Каждому паровому двигателю присущ определенный, наиболее экономичный, скоростной режим работы, по отношению к которому другие скоростные режимы будут менее экономичными. Для двигателя НАМИ-012 экономическим режимом является малое наполнение, при котором в пределах 600 - 1000 об/мин удельный расход пара равен 6-7 кг/э.л.с.ч.

Силы сопротивления передвижению автомобиля сильно изменяются в зависимости от состояния дороги, и в соответствии с этим должен изменяться нагрузочный режим парового двигателя. Вынужденное использование большого наполнения, с расходами пара 12-15 кг/э.л.с.ч., приводит к ухудшению экономики автомобиля по расходу топлива. Так как для паровых двигателей удельные расходы пара значительно снижаются с уменьшением степени наполнения и увеличением степени расширения, то было бы целесообразно всегда их эксплуатировать при этих условиях, а изменение силы тяги на ведущих колесах автомобиля производить с помощью обычной трансмиссии со сцеплением и коробкой передач.

Следует принять во внимание, что при степенях наполнения 0,03-0,25 и малом отношении хода поршня к диаметру можно создать паровой двигатель, который по быстроходности, величине крутящего момента, габариту и весу приближался бы к соответствующим параметрам автомобильного двигателя дизеля. Но главное препятствие на пути использования автомобильной трансмиссии состоит в том, что безотказный запуск парового двигателя возможен только при большой степени наполнения. При малых степенях наполнения существуют такие положения коленчатого вала, когда все впускные клапаны будут закрыты и запуск двигателя без его предварительного прокручивания окажется невозможным. Использование для таких случаев запуска электростартером следует считать нецелесообразным. Поэтому необходимо проектировать, наряду с крайне малыми, большие степени наполнения. Но большие степени наполнения обеспечивают создание таких крутящих моментов, которые не могут быть переданы через обычные автомобильные коробки передач. Создание многоступенчатой коробки передач для передачи крутящего момента порядка 200 - 300 кгм является чрезвычайно серьезной задачей.

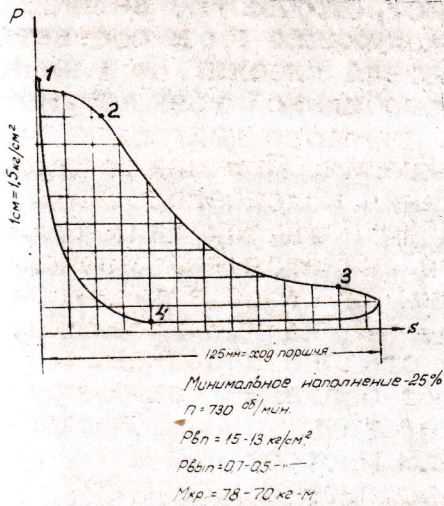
Вследствие этого автомобильные паровые двигатели проектируются со степенями наполнения от 0,25 до 0,90 и устанавливаются на автомобили с двухступенчатыми коробками передач, которые ввиду отсутствия сцепления можно переключать только при полной остановке. Наличие сцепления обеспечит более длительную работу на рабочем наполнении, позволит использование наката на хороших шоссе и даст возможность значительного увеличения силы тяги на тяжелых участках пути при работе автомобиля в качестве тягача.

Мощностная характеристика парового двигателя НАМИ-012, полученная на экономическом режиме, показывает, что в диапазоне от 500 до 1200 об/мин удельный расход пара на малом наполнении составляет 6,25-8,0 кг/э.л.с.ч. По сравнению с однотипным паровым двигателем, работающим на электростанции ПЭС-40, двигатель НАМИ-012 обеспечивает лучшую экономику, так как имеет более низкие удельные расходы пара. Паровой двигатель, установленный в агрегате с электрогенератором на передвижной электростанции ПЭС-40, имеет удельные расходы пара от 8 до 10 кг/э.л.с.ч.

Анализ графиков на фиг.10 показывает, что крутящий момент на среднем и малом наполнениях при высоких числах оборотов двигателя резко уменьшается, тогда как для получения хорошей тяговой характеристики парового автомобиля на высоких скоростях необходимо, чтобы график изменения крутящего момента на рабочем наполнении не давал значительного снижения момента по мере увеличения числа оборотов двигателя. Вместе с тем характер протекания мощностных характеристик таков, что после достижения максимума мощность двигателя резко падает. Резкое падение мощности двигателя на высоких оборотах обусловлено фазами парораспределения, которое оказывает решающее влияние на индикаторную диаграмму. Индикаторная диаграмма парового двигателя НАМИ-012 показана на фиг.11. Диаграмма снята на малом наполнении при 730 об/мин, давлении на впуске 15-17 атм и на выпуске 0,7-0,6 атм.

Точки 1, 2, 3 и 4 на диаграмме соответственно указывают моменты: предварения впуска, отсечки впуска, предварения вы-

пуска и начала сжатия. При небольшой степени предварения впуска двигатель имеет большую степень сжатия. Предваритель-



Фиг. 11. Индикаторная диаграмма.

ное сжатие пара уменьшает влияние вредного пространства на удельный расход пара и создает условия для получения на валу двигателя более равномерного крутящего момента. Благодаря сжатию, в цилиндре в конце хода поршня, создается упругая паровая подушка, поглощающая силы инерции поступательно движущихся частей, вследствие чего вращение оказывается более равномерным, особенно, у высокооборотных паровых двигателей. Но вместе с тем, влияние быстроходности двигателя на степень сжатия является существенным и поэтому индикаторная диаграмма в верхней части изменяет формы в зависимости от числа оборотов. При снижении числа оборотов "обратная петля" в верхней части диаграммы

уменьшается и совсем исчезает, тогда как по мере повышения числа оборотов "обратная петля" на диаграмме увеличивается. Возникновение петли в верхней части индикаторной диаграммы связано со значительным повышением давления конца сжатия из-за незначительного изменения агрегатного состояния пара при сжатии. В связи с увеличением оборотов сопротивление системы выхлопа возрастает и вызывает некоторое повышение давления выхлопа, тогда как время сжатия пара уменьшается и понижение температуры пара, в связи с отводом тепла стенками цилиндра, оказывает меньшее влияние на снижение давления конца сжатия.

Таблица 2

	Верхняя полость		Нижняя полость	
	Доли хода поршня	Угол поворота кривошипа	Доли хода поршня	Угол поворота кривошипа
Предварение впуска	0,02	15	0,005	6
Степень наполнения	0,25	70	0,24	70
Степень наполнения	0,45	92	0,41	92
Степень наполнения	0,70	122	0,67	122
Предварение выпуска	0,096	40	0,038	31
Степень относ. сжатия	0,144	-	0,06	-
Задний ход	-	-	-	-
Предварение впуска	0,004	6	0,015	15
Степень наполнения	0,77	122	0,59	122
Предварение выпуска	0,06	31	0,14	40
Степень относ. сжатия	0,038	-	0,096	-

С повышением числа оборотов двигателя дросселирование пара уменьшает давление на впуске в цилиндры при одновременном увеличении давления выхлопа. Обе неблагоприятные тенденции

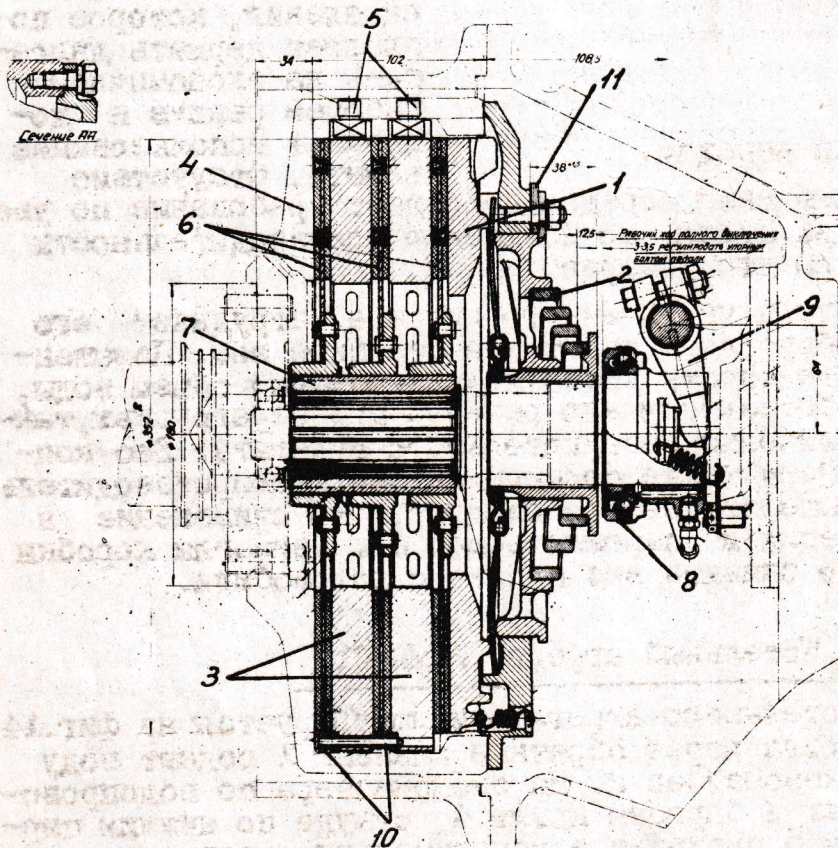
В рабочем процессе парового двигателя приводят к тому, что площадь индикаторной диаграммы резко сокращается, что снижает мощность после 900-1000 об/мин. Для того, чтобы задержать процесс резкого уменьшения мощности на высоких оборотах необходимо увеличить проходные сечения системы выхлопа, а в парораспределении расширить фазу выхлопа в сторону более позднего закрытия выпускного клапана.

У паровых двигателей двухстороннего давления при наличии короткого шатуна фазы парораспределения для нижней и верхней полостей оказываются неравными. Для уменьшения вышеупомянутого неравенства оси роликов толкателей клапанов были смещены относительно оси распределительного вала на угол 4,5°. При этом смещении получены приведенные в табл.2 значения элементов фаз парораспределения.

Т р а н с м и с с и я

Паровой двигатель снабжен сцеплением фрикционного типа.

Конструкция трехдискового сцепления показана на фиг.12. Сцепление снабжено нажимным диском 1 автомобильного типа с нажимной пружиной 2, заимствованной со сцепления трактора тягача.



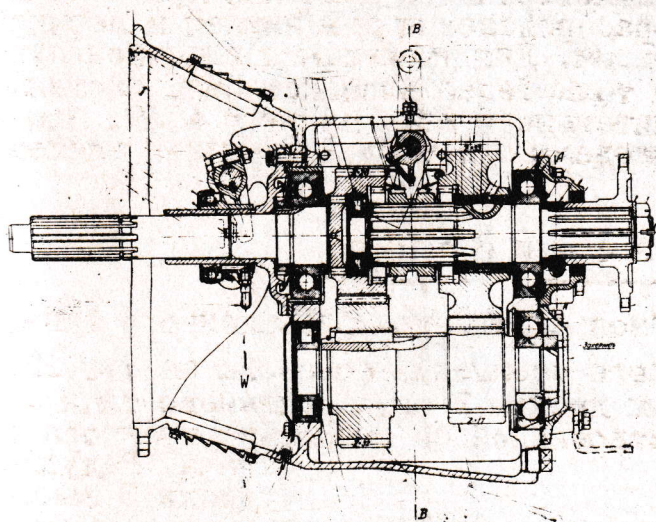
Ведущие диски 3 закреплены в маховике 4 с помощью квадратных штырей 5. Ведомые диски сцепления 6 установлены для удобства монтажа на единой шлицевой втулке 7. Выключение сцепления производится отводкой 8, приводимой в действие от тяг управления рычагом 9. Отжимные пружины 10 установлены для получения необходимой чистоты выключения сцепления. Размеры диска сцепления по рабочим поверхностям приняты равными 352 мм по наружному диаметру и 182 мм по внутреннему.

Фиг.12. Сцепление парового двигателя.

Сцепление рассчитано на крутящий момент 200 кгм и опробовано в работе при крутящем моменте 240 кгм. Запас сцепления при неизношенных дисках равен 1,78. При суммарном износе 5 мм запас сцепления равен 1. Устранение влияния износа на затяжку нажимной пружины

шины осуществляется с помощью регулировочных прокладок 11. Ввиду того, что на паровом автомобиле сцепление не используется при трогании с места его условия работы нельзя считать напряженными.

Конструкция коробки передач парового автомобиля показана на фиг.13. Коробка передач имеет прямую и замедленную передачи ($i = 2,2$). На фланце



вторичного вала установлен барабан центрального тормоза. Передача тяговых усилий на задний ведущий мост осуществлена карданами открытого типа автомобиля ЯАЗ-200.

Главная особенность трансмиссии парового автомобиля НАМИ-012, в отличие от всех предшествующих конструкций паровых автомобилей, состоит в наличии сцепления, которое позволяет держать двигатель на экономичном рабочем режиме и допускает использование наката. Отсутствие

Фиг.13. Коробка передач.

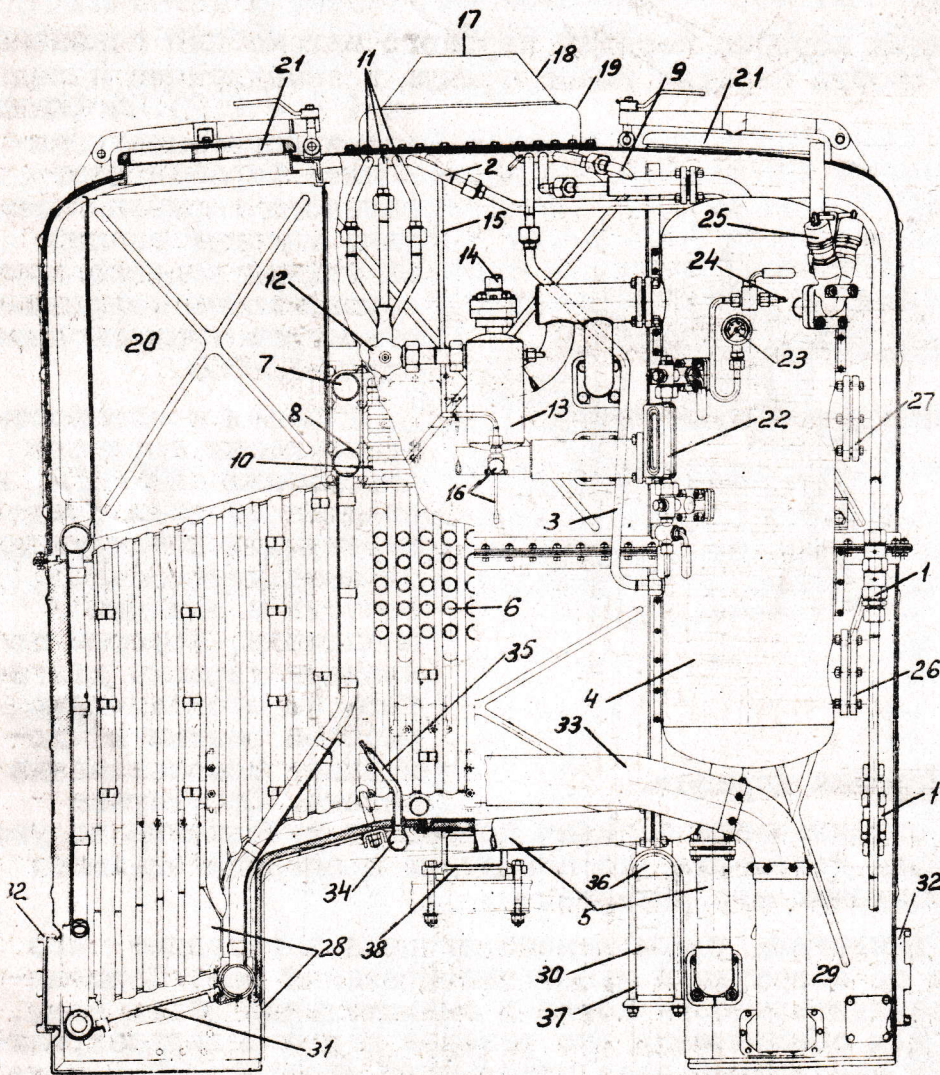
возможности переключения передач порождает требование по увеличению литража двигателя, по повышению производительности котла и по усилению его резерва.

Паровой двигатель увеличенного литража затрудняет его форсирование по оборотам и имеет значительный вес. Повышенная паропроизводительность котла и значительный объем воды, необходимый для обеспечения его резерва при перегрузках, также приводят к увеличению веса котельного агрегата. Вес конденсирующих устройств также пропорционален паропроизводительности котла. Из вышеизложенного следует, что применение в трансмиссии сцепления и переключаемой при движении коробки передач позволило снизить вес парового автомобиля.

Котельный агрегат НАМИ-012

Конструкция котельного агрегата иллюстрируется на фиг.14. Питающие насосы котла через обратные клапаны 1 подают воду для подогрева в экономайзер 2. Из экономайзера по водопроводу 3 вода поступает в барабан котла 4, откуда по нижним циркуляционным трубам 5 проходит в испарительную часть котла 6. Насыщенный пар и пароводяная эмульсия из испарительной части котла через верхние циркуляционные трубы 7 и 8 поступают для сепарации влаги в барабан котла 4. Из барабана насыщенный пар по паропроводу 9 подается в пароперегреватель 10. Перегретый пар через паропроводы 11 и главный запорный вентиль 12 поступает в сепаратор 13, служащий для отделения твердых частиц накипи, окислы и песка, и дальше по паропроводу 14 идет к дроссельному клапану двигателя. По паропроводу 15 пар из

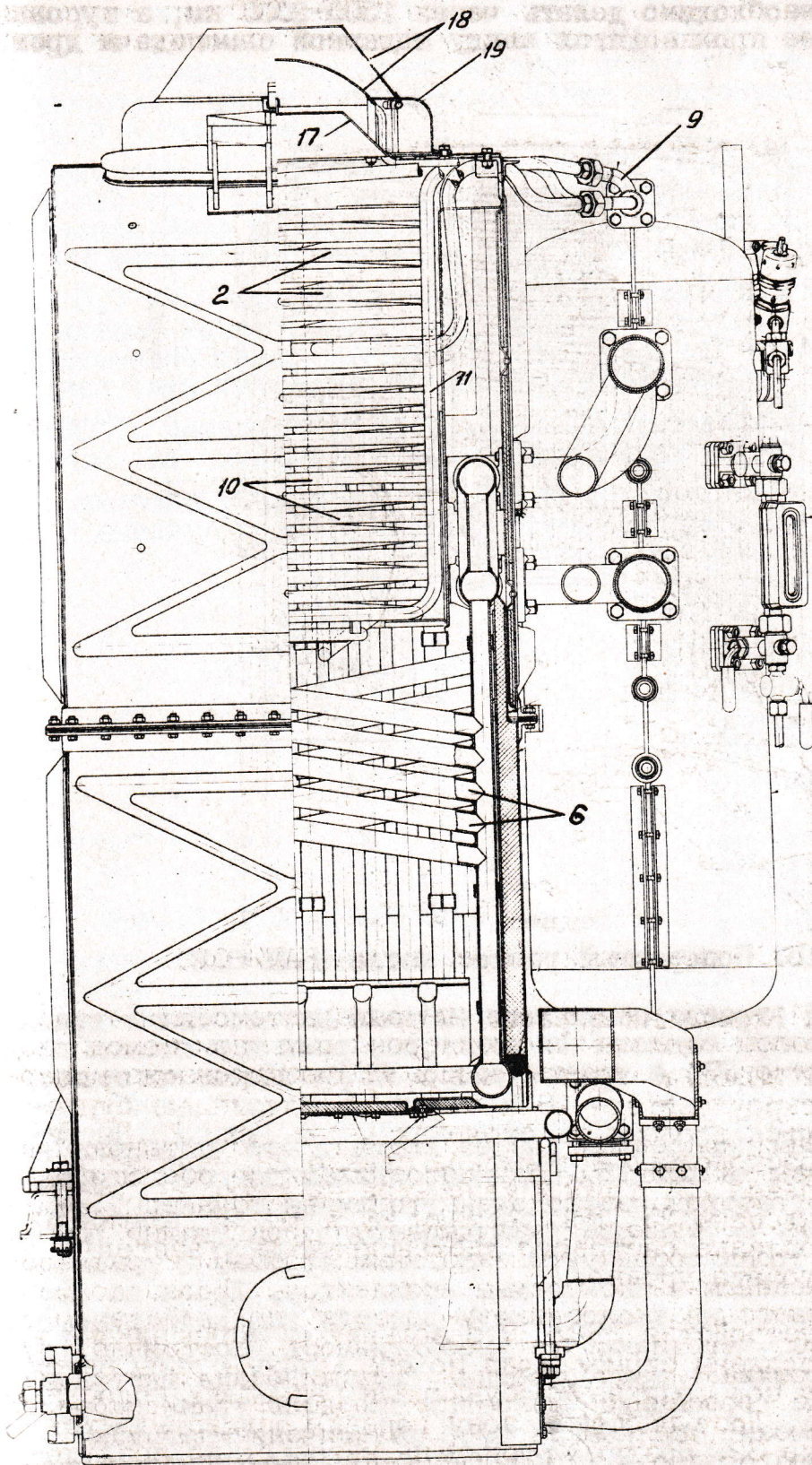
сепаратора через клапан 16 подается в сажесдуватель для очистки экономайзера и пароперегревателя от золы и сажи. Про-



Фиг.14а. Котельный агрегат НАМИ-012.

дукты сгорания выходят через дымовую трубу 17, в которой расположены искроуловитель 18 и сифон 19. Топливные бункера 20 загружаются дровами на стоянках через люки 21. На барабанах котла расположено водомерное стекло 22, манометр котлового давления 23, трубки манометра на щитке 24, предохранительные клапаны 25, люк ревизии 26 и люк 27, служащий для монтажа поплавка светового дистанционного указателя уровня или автомата уровня.

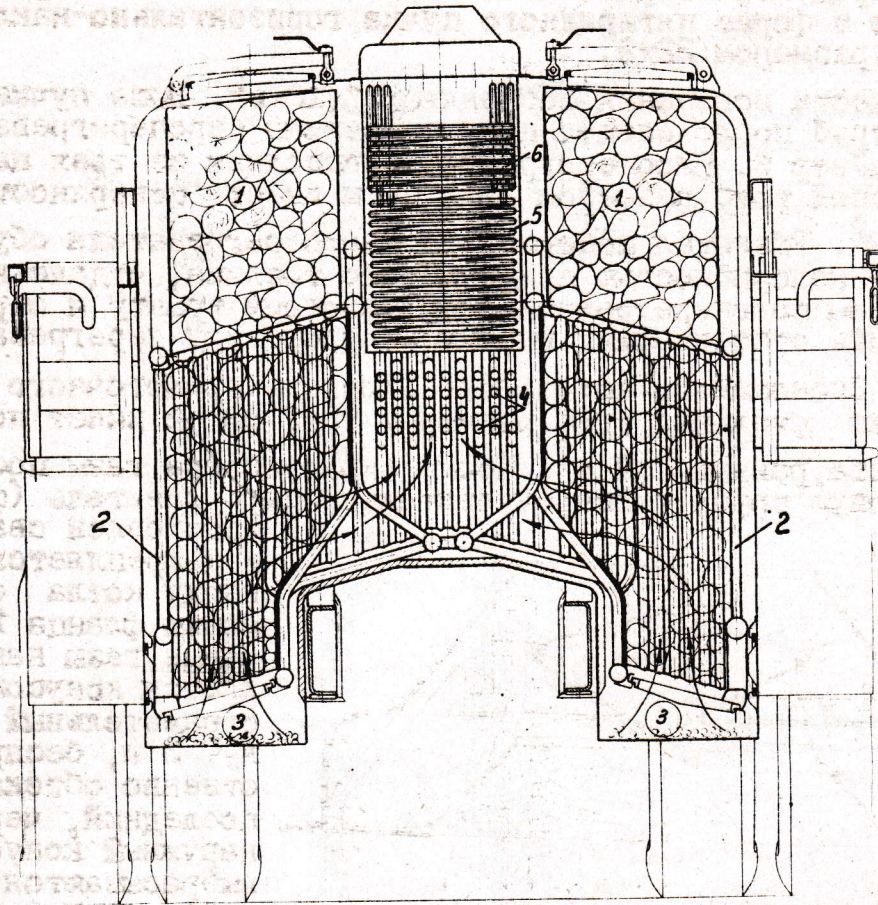
Топочные устройства 28 и 29 с зольником, колосниками и экранами расположены симметрично по обе стороны рамы автомобиля 30. Внизу под топливными бункерами размещена колосниковая решетка 31. Доступность в зону горения осуществляется через отверстие 32. Воздух в топку нагнетается по воздухопроводу 33. Для выжигания летучих веществ часть воздуха подается через трубу 34 и сопло 35 в объем топочного пространства.



Фиг.146. Котельный агрегат НАМИ-012.

о-
о-
т-
а.

Топочное устройство котла в процессе работы полностью автоматизировано, так как загрузка дров в бункера производится только через 80-100 км пробега, удаление золы из топки и искроуловителя необходимо делать через 1500-2000 км, а шуровка в топке вовсе не производится ввиду надежной самоподачи дров.



Вид сверху.

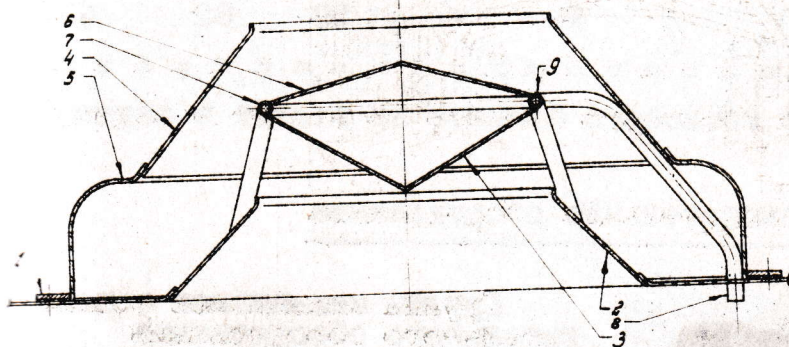
Фиг.15. Поперечный разрез котла НАМИ-012.

Котельный агрегат закреплен на раме автомобиля в трех точках. Две опоры сделаны на лонжероны рамы при помощи подушек 36 и хомутов 37, а третья опора 38 размещена на поперечине рамы.

Схематичный поперечный разрез котла и его установка на шасси показаны на фиг.15. Над колосниками по обе стороны центрального газохода расположены топливные бункеры 1 емкостью 0,75 м³. В бункерах укладываются дрова длиной 500 мм. Нижняя часть топки образуется экранными трубами 2 размером 32x2 мм, вваренными в поперечные коллекторы. Дрова по мере выжигания опускаются на колосниковую решетку под действием собственного веса, что исключает необходимость постоянной ручной подачи топлива в зону горения. Регулирование интенсивности процесса горения до известных пределов также происходит автоматически, так как по мере увеличения нагрузки возрастает расход пара и турбина привода вентиляторов увеличивает число оборотов. Для ограничения форсирования процесса в распоряжении водителя имеется заслонка для ручного регулирования, расположенная в воздухопроводе. Воздух через

отверстие 3 нагнетается под колосниковую решетку, проходит горячий слой и между трубами с обеих сторон поступает в центральный газоход. Нижняя часть центрального газохода свободна от конвективных поверхностей нагрева и образует общий объем топочного пространства. После выхода из объема топочного пространства продукты сгорания омывают конвективные поверхности, выполненные в форме пятирядного пучка горизонтально-наклонных труб 4, размером 32x2.

Поверхности испарения составляют $7,10 \text{ м}^2$. Выше пучка испарительных труб последовательно установлены пароперегреватель 5 и экономайзер 6. Пароперегреватель выполнен из трех параллельных ветвей труб размером 20x2 мм и имеет поверхность нагрева $5,3 \text{ м}^2$. Развитая поверхность пароперегревателя обусловлена низкой калорийностью применяемого топлива, отдаленным расположением пароперегревателя по газовому тракту и стремлением получить относительно высокую температуру перегрева пара (400°). Экономайзер котельного агрегата прямоочного типа выполнен из стальных труб размером 20x2 мм и имеет поверхность нагрева, равную $2,7 \text{ м}^2$. После экономайзера газы поступают в дымовую трубу и искроуловитель. Искоуловитель (фиг.16)



Фиг.16. Искоуловитель.

изготовлен сварным и закрепляется наверху котла с помощью фланца 1. Дымовые газы направляются конусом 2 на отражательный конус 3 и, беспрепятственно обтекая последний, через наружный конус 4 выбрасываются в атмосферу. Несгоревшие частицы топлива

отбрасываются наружной поверхностью конуса 3 и внутренней поверхностью конуса 4 в оборник, образованный кожухом 5. Под защитным конусом 6 расположен кольцевой сифон 7, насыщенный пар к которому подводится по трубе 8. Насыщенный пар, выходя через отверстия 9, создает разрежение в топке при розжиге котла. Общая площадь колосниковой решетки топочного устройства равна $0,28 \text{ м}^2$, а площадь живого сечения воздухопроводящих отверстий для древесного топлива составляет $0,032 \text{ м}^2$.

Барaban котла с объемом воды, равным 60 л, помимо обеспечения циркуляции, производит сепарацию влаги из пара, поступающего из кипячительных труб. Сепарация влаги улучшает работу пароперегревателя. Наличие в барабане котла некоторого объема воды повышает резервную приемистость котла. Наряду с этим по уровню воды в барабане осуществляется контроль уровня по водомерному стеклу и дистанционному световому указателю.

Общая водяная емкость котла равна 140 л. Для уменьшения тепловых потерь котел и барабан котла установлены в кожухи из листовой стали и теплоизолированы листовым асбестом и минеральной ватой. Теплоизоляция из асбеста тяжелее изоляции из минеральной ваты. Вес котельного агрегата при изоляции котла

минеральной ватой, а барабана котла и верхнего кожуха-листовым асбестом равняется 1300 кг.

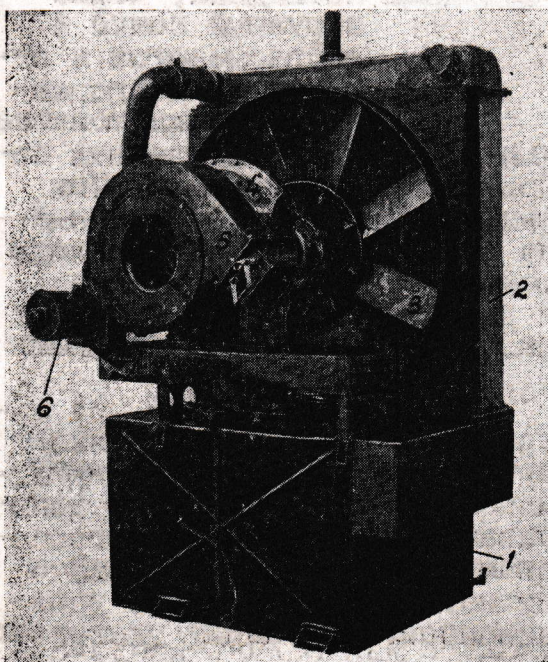
Топочный процесс котельного агрегата по ряду опытов характеризуется данными, приведенными в табл.3.

Таблица 3

Наименование параметра	Обозначения	№ опытов			
		1	2	3	4
Длительность опыта	t мин	60	60	45	45
Паропроизводительность	D кг/час	421	534	625	750
Коэффициент избытка воздуха	α —	1,50	1,40	1,20	1,20
Котловое давление	P_k ата	23	23	23	23
Температура уходящих газов	t_{yox} °C	280	280	320	320
Температура перегретого пара	t_p °C	340	350	410	430
К.п.д. котла	η_1 %	—	58	62	65

Подробный анализ котлового баланса не входит в задачу данного доклада.

Вспомогательное оборудование



Фиг.17. Вспомогательное оборудование.

Группа механизмов вспомогательного оборудования (фиг.17), состоящая из водяного бака 1, конденсатора 2, вентилятора конденсатора 3, турбины привода 4, воздуходувки котла 5, электромоторов 6 и эжектора объединена в едином агрегате.

Бак 1, емкостью 235 литров, изготовлен из листовой стали на основе жесткого каркаса, к которому приварены опоры турбины. Заливной патрубок бака снабжен фильтром и резьбовой крышкой. Для заправки из водоемов бак имеет эжектор с заборным шлангом длиной 10 метров.

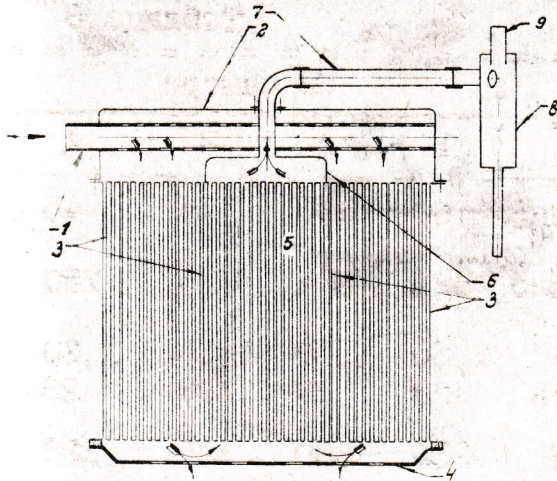
На баке установлен конденсатор трубчатопластинчатого типа с воздушным охлаждением и водоотделителем. Общая поверхность охлаждения конденса-

тора р
фронта
сходя
вом па

Фиг.
на 6 и
труба 7
делител
безопас
входит

Така
ль пове
конденс
тала по
эжект,
то авто
нагрев
Ново
тора, по
нет 820
Привод
свой па
и равно

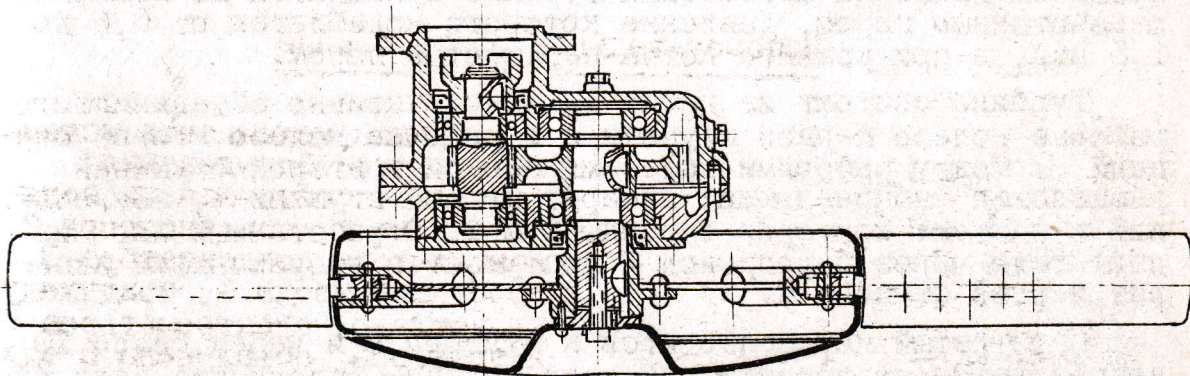
тора равна 60 м^2 , а поверхность фронта $0,67 \text{ м}^2$. По глубине фронта, равной 180 мм , расположено шесть рядов трубок с нисходящим потоком пара и один неполный ряд с восходящим потоком пара.



Фиг.18. Конденсатор.

Конструктивная схема конденсатора показана на фиг.18. Пар из турбины привода поступает в паропропускную трубу 1 и через ряд отверстий этой трубы в бак конденсатора 2. Из бака по 430 трубкам 3 опускается вниз, охлаждаясь конденсируется, и через поддон 4 стекает в бак. Обдув конденсатора производится осевым вентилятором, расположенным позади фронта последнего. Несконденсировавшийся пар из бака по 46 трубкам 5 выходит вверх, охлаждается и в форме пароводоэмульсии собирается в коромысле 6 и по трубе 7 нагнетается в водоотделитель 8. Так как труба 7 подведена по касательной к окружности трубы водоотделителя 8, то частицы воды отбрасываются к периферии центробежными силами и по стенкам стекают в бак, тогда как пар выходит наружу через вестовую трубу 9.

ке 6 и по трубе 7 нагнетается в водоотделитель 8. Так как труба 7 подведена по касательной к окружности трубы водоотделителя 8, то частицы воды отбрасываются к периферии центробежными силами и по стенкам стекают в бак, тогда как пар выходит наружу через вестовую трубу 9.

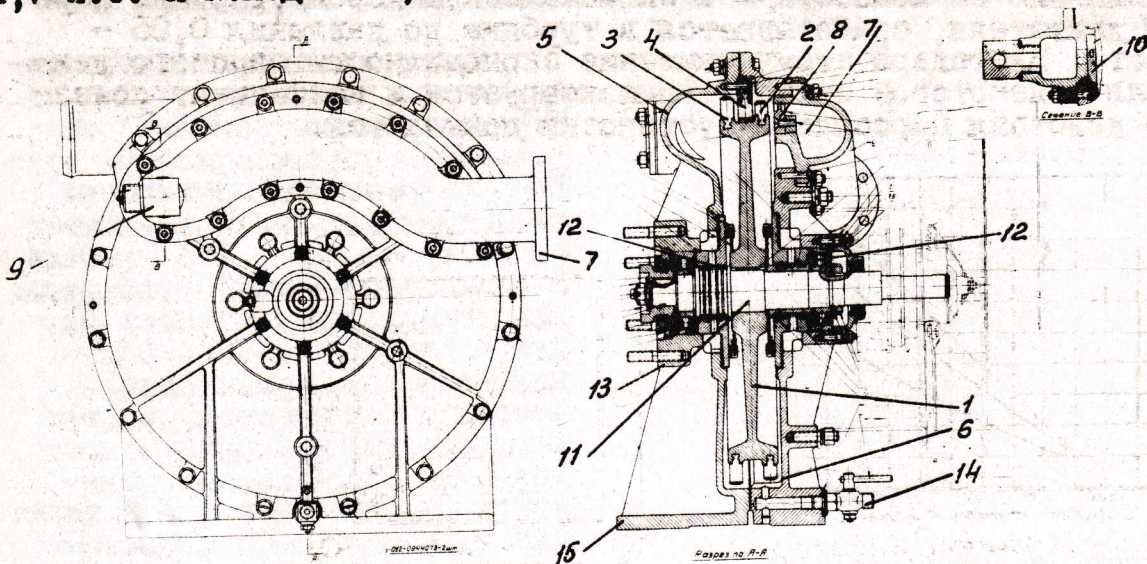


Фиг.19. Вентилятор конденсатора.

Такая конструкция конденсатора с водоотделителем при малых поверхностях охлаждения обеспечивает высокую степень конденсации пара. При испытаниях после установки водоотделителя потери воды из-за неполноты конденсации были уменьшены вдвое, несмотря на то, что конденсационная установка парового автомобиля по тепловым нагрузкам фронта является высоконапряженной.

Конструкция вентилятора, служащего для обдува конденсатора, показана на фиг.19. Диаметр вентилятора по лопастям равен 820 мм . Число лопастей 8, угол установки лопастей 30° . Привод вентилятора осуществляется турбиной через редуктор с одной парой косозубых шестерен. Передаточное число редуктора равно 2,8. Производительность вентилятора при 1250 об/мин

равна 25000 м³/час. Напор 32 мм вод.столба, затраты мощности 4,7 л.с. и к.п.д. - 0,65.



Фиг.20. Турбина привода вентиляторов.

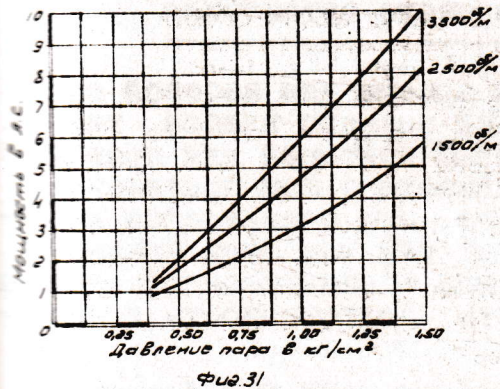
Конструкция турбины привода вентиляторов показана на фиг.20. По принципу работы турбина является активной. Турбина имеет две ступени скоростей и снабжена двумя сопловыми аппаратами для впуска отработанного или перегретого пара. В процессе движения автомобиля турбина приводится во вращение отработанным паром, давление которого колеблется от 0,6 до 1,5 ата, а при розжиге котла-перегретым паром.

Турбина состоит из диска 1, конструктивно объединившего рабочее колесо первой ступени 2 и рабочее колесо второй ступени 3. Между рабочими колесами первой и второй ступеней расположен направляющий аппарат второй ступени 4, закрепленный в разьеме картеров турбины 5 и 6. Отработанный пар из двигателя через паропровод 7 поступает в направляющий аппарат первой ступени 8.

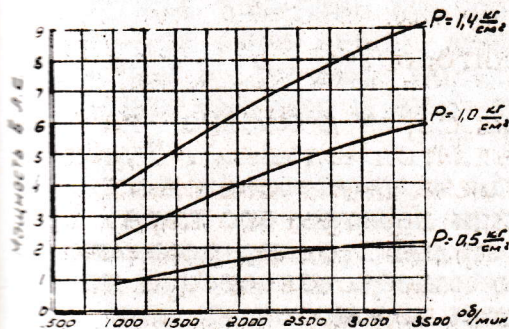
Перегретый пар подводится к штуцеру 9 и через сопло 10 направляется на лопатки рабочего колеса. Уплотнение вала турбины 11 от пропуска пара и утечки масла осуществлено чугунными кольцами 12. Фланец 13 служит для крепления редуктора вентилятора конденсатора к турбине. На правом конце вала турбины 11 устанавливается топочная воздуходувка котла. Краник 14 служит для опуска конденсата из картера турбины. С помощью привалочного фланца 15 турбина закрепляется на кронштейнах водяного бака. Диск турбины отлит из алюминия с залитыми в нем лопатками из мельхиора. Диаметр рабочего колеса первой ступени - 363 мм, а диаметр рабочего колеса второй ступени - 372 мм. Направляющий аппарат отработанного пара отлит из бронзы с 9-ю сопловыми отверстиями, а сопловой аппарат перегретого пара с одним расширяющимся соплом. Турбина приводится в действие вентилем, расположенным в кабине.

На фиг.21 показаны мощностные характеристики турбины в зависимости от давления и числа оборотов, полученные при ее лабораторных испытаниях на стенде. Максимальная мощность тур-

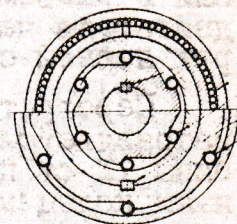
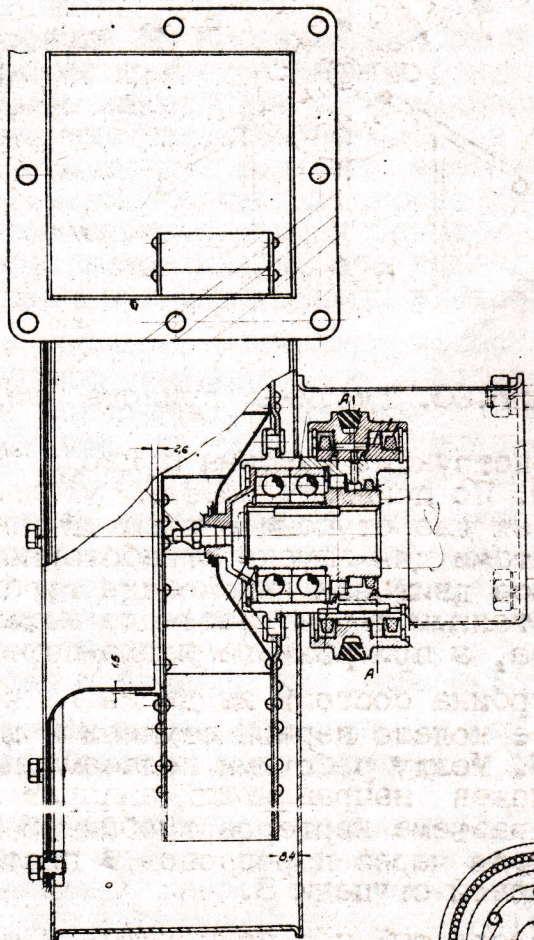
бины равна 10 л.с. при 3500 об/мин и давлении пара на впуске 1,5 ата. Повышенное давление выхлопа, оказывающее отрицательное влияние на мощностную и экономическую характеристики парового двигателя, срабатывает в турбине до давления 0,05 - 0,1 ата. Благодаря этому, снижение экономичности парового двигателя в некоторой степени компенсируется и коэффициент полезного действия паросиловой установки повышается.



Фиг. 21



Фиг. 21. Мощностные характеристики турбины в зависимости от давления и числа оборотов.



Фиг. 22

Конструктивная схема воздухоподувки котла, установленной на турбине, показана на фиг. 22. Диаметр рабочего колеса 180 мм, ширина 54 мм, количество лопастей 12 и диаметр входного отверстия 140 мм. Теоретическая производительность вентилятора при 3500 об/мин равна 1000 м³/час, напор - 180 мм водяного столба и затрата мощности при этом составляет 1,10 л.с. Коэффициент полезного действия вентилятора, по данным ЦАГИ, при максимальной производительности равен 0,6.

Давление выхлопа находится в зависимости от нагрузки двигателя. Увеличение нагрузки на двигатель сопровождается повышением часового расхода пара и возрастанием давления выхлопа. Мощность турбины при увеличении давления увеличивается, нарастают обороты и повышается производительность воздухоподувки. Таким образом при форсировании двигателя по нагрузке происходит автоматическое форсирование процесса горения в топке и котельный агрегат повышает паропроизводительность.

При уменьшении нагрузки на двигатель регулирование топочного процесса происходит в обратном направлении. Но так как влажность и качество дров не остаются постоянными, то, наряду с автоматическим регулированием "хода котла", предусмотрено ручное регулирование подачи воздуха, которое осуществляется водителем с помощью воздушных заслонок.

Вес и полезная нагрузка парового автомобиля

В настоящее время не выработаны приемы для весовой сравнительной оценки грузовых автомобилей разного класса, типа и назначения и не установлен объективный критерий для правильного назначения полезной нагрузки. Вместе с тем правильное назначение полезной нагрузки в кузове, при сложившейся конструкции шасси, является весьма важным, так как этот показатель весовой характеристики автомобиля в значительной степени определяет его механическую прочность, долговечность и экономичность в последующей эксплуатации.

Вес снаряженного парового автомобиля НАМИ-012 без груза и водителя, определенный взвешиванием, равен 8344 кг. При этом нагрузка на переднюю ось равняется 4396 кг, а нагрузка на заднюю ось - 3948 кг. Вес воды в баке и системе котла - 380 кг, а вес дров в бункерах - 320 кг.

Ниже вес снаряженного автомобиля и допустимая нагрузка на заднюю ось по грузоподъемности шин приняты за основу при определении полезной нагрузки и удельной грузоподъемности шасси. Для объективного сравнения парового автомобиля по весовым показателям с другими грузовыми автомобилями необходимо установить ряд понятий о весовых состояниях автомобилей.

Для этого принимается методика, изложенная в табл.4, грузовой характеристики автомобиля.

Сравнительная оценка различных автомобилей может и должна производиться на основе удельной и максимальной удельной грузоподъемности шасси. Удельная грузоподъемность шасси есть отношение грузоподъемности заправленного шасси к его весу в заправленном состоянии. Максимальная удельная грузоподъемность шасси есть отношение грузоподъемности незаправленного шасси к его собственному весу. Объективный критерий в форме принятой удельной грузоподъемности шасси достаточен для сравнительной оценки весовых характеристик автомобилей одного типа, тогда как максимальная удельная грузоподъемность шасси дополняет и уточняет возможности объективной сравнительной оценки однотипных и неоднотипных автомобилей.

Согласно таблице 4 номинальная полезная нагрузка парового автомобиля определена в 6200 кг, но принята равной 6 тоннам. Для сравнения удельная грузоподъемность парового автомобиля НАМИ-012 должна быть оценена относительно удельной грузоподъемности других грузовых автомобилей.

На основе типового расчета выполнено определение номинальной полезной нагрузки и удельной грузоподъемности шасси отечественных грузовых автомобилей. Результаты расчета све-

Таблица 4

Грузовая характеристика 2-осного автомобиля (паровой) НАМИ-012

=====		
Шины 12,00-20; спереди - одинарные, сзади - двухкатные		
Число мест в кабине $n = 3$. База автомобиля $L = 4520$ мм		
Расстояние центра тяжести кузова от задней оси $e = 150$ мм		
q - вес снаряженного автомобиля с водителем		8420 кг
q' - нагрузка на переднюю ось		4450 кг
q'' - нагрузка на заднюю ось		3970 кг
q_0 - нагрузка задней оси по грузоподъемности шин		10000 кг
q_1 - полезная нагрузка в кузове $(q_0 - q'') \frac{L}{L - e}$		6200 кг
q_2 - полный вес автомобиля $[q + q_1 + 75(n - 1)]$		14770 кг
q'_2 - нагрузка на переднюю ось $[q' + q_1 \frac{e}{L} + 50(n - 1)]$		4750 кг
q''_2 - нагрузка на заднюю ось $(q_2 - q'_2)$		10020 кг
Σg - вес		1700 кг
команды - 75. $n = 225$ кг; кабины 400 кг; кузова 800 кг; запасного колеса 155 кг; инструмента 45 кг; прочего оборуд. 75 кг;		
q_3 - вес заправленного шасси $[q_2 - (q_1 + \Sigma g)]$		6870 кг
q_4 - грузоподъемность шасси $(q_1 + \Sigma g)$		7900 кг
K - удельная грузоподъемность шасси $(\frac{q_4}{q_3})$		1,15
Σg_1 - вес		800 кг
топлива 320 кг; воды 380 кг; масла 30 кг; аккумуляторов 60 кг; разное 10 кг;		
q_5 - собственный вес шасси $(q_3 - \Sigma g_1)$		6070 кг
Макс. удельная грузоподъемность шасси $(\frac{q_4 - q_5}{q_5})$		1,43
Полезная нагрузка, назначенная заводом		6000 кг
Удельная грузоподъемность шасси (фактическ.)		1,13
Запас мощности $\frac{N_{max}}{q_2 \text{ факт.}}$ (где $N_{max} = 100$)		6,9
=====		

дены в таблицу 5, данные которой показывают, что удельная грузоподъемность шасси новых отечественных грузовых автомобилей является вполне современной. Завод ГАЗ, создав шасси высокой удельной грузоподъемности ($K = 1,75$), снизил последнюю до 1,6 с целью увеличения надежности и долговечности автомобиля, а завод ЗИС назначил высокую удельную грузоподъемность шасси - 1,68.

На автомобилях ГАЗ устанавливаются двигатели дизеля, что в известной степени снизило удельную грузоподъемность шасси, несмотря на то, что завод допустил некоторое превышение полезной нагрузки против номинальной. Вышеуказанные данные

Таблица 5

Наименование	ГАЗ-51	ЗИС-150	ЯАЗ-200	ЯАЗ-210	НАМИ-012	НАМИ-751х)
Вес снаряжен.автомобиля с водителем, кг	2785	3975	6575	11075	8420	2715
Нагрузка на переднюю ось, кг	1360	1850	3170	4230	4450	1290
Нагрузка на заднюю ось, кг	1425	2125	3405	6845	3970	1425
Нагрузка задней оси по грузоподъемности шин, кг	4080	6240	10000	20000	10000	-
Полезная нагрузка в кузове, кг	2800	4190	6900	13700	6200	1500
Полный вес автомобиля, кг	5660	8315	13625	24925	14770	4290
Нагрузка на переднюю ось, кг	1555	2020	3600	4850	4750	1120
Нагрузка на заднюю ось, кг	4105	6295	10025	20050	10020	2570
Вес оборудования и команды, кг	795	1095	1565	2675	1700	635
Вес заправленного шасси, кг	2065	3030	5160	8550	6870	2155
Грузоподъемность шасси, кг	3595	5285	8465	16375	7900	2135
Удельная грузоподъемность шасси	1,75	1,74	1,64	1,91	1,15	1,00
Вес воды, топлива, масла, аккумулятора, кг	137	195	376	750	800	1155
Собственный вес шасси, кг	1928	2835	4784	7800	6070	1000
Макс.удельн.грузоподъемность шасси	1,93	1,93	1,84	2,20	1,43	3,29
Полезная нагрузка, назначенная заводом, кг	2500	4000	7000	12000	6000	1500
Удельная грузоподъемность (фактическая)	1,60	1,68	1,66	1,72	1,13	1,00
Запас мощности т/л.с.	13,0	11,0	8,0	7,1	6,9	5,8

х) Электромобиль.

подтверждают также то положение, что трехосные автомобили обладают не только повышенной проходимостью, но и высокой удельной грузоподъемностью.

Паровые автомобили обладают низкой удельной грузоподъемностью из-за значительного собственного веса шасси и снаряжения. Снижение удельной грузоподъемности парового автомобиля вызвано весом паросиловой установки и весом низкокалорийного топлива и воды. Удельная грузоподъемность шасси газогенераторных автомобилей, как показывают отдельные расчеты, также

является низкой. Электромобили обладают низкой удельной грузоподъемностью шасси из-за значительного веса снаряжения, но вместе с тем обращает внимание чрезвычайно высокое значение максимальной удельной грузоподъемности. Последнее объясняется тем, что электромобили предназначаются для эксплуатации по хорошим шоссе в городских условиях. Для автомобилей, предназначенных для эксплуатации по обычным грунтовым дорогам, такое значение максимальной удельной грузоподъемности следует считать недопустимо высоким.

Так как полный вес автомобиля составляют: собственный вес шасси, вес полезной нагрузки и вес оборудования, снаряжения и команды, то анализ соотношений между указанными весами может обнаружить резервы для дальнейшего рационального снижения веса грузовых автомобилей. В табл. 6 приведены отношения указанных весов к полному весу автомобиля.

Таблица 6

Наименование	:Собственный вес шасси		:Полезная нагрузка в кузове		:Вес оборудования и команды		:Полный вес автомобиля	
	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
ГАЗ-51	1928	36,0	2500	46,8	932	17,20	5360	100
ЗИС-150	2835	35,0	4000	49,2	1290	15,8	8125	100
ЯАЗ-200	4784	35,3	7000	50,6	1941	14,1	13725	100
НАМИ-012	6070	41,70	6000	41,2	2500	17,1	14570	100
НАМИ-751	1000	23,2	1500	35,2	1790	41,6	4290	100
ЯАЗ-210	7800	33,6	12000	51,6	3425	14,8	23225	100

Динамические качества парового автомобиля

Динамические качества парового автомобиля определены с помощью замера максимальной скорости и пути и времени разгона автомобиля. Максимальные скорости автомобиля и числа оборотов двигателя приведены в табл. 7.

Таблица 7

Нагрузка	:Время прохождения мерного километра	:Число оборотов двигателя	:Максимальная скорость	:Примечание
	сек	об/мин	км/час	
6 тонн	85	1212	42,35	Среднее наполнение
Автопоезд 23 тонны	90	1150	40,0	Среднее наполнение

Число оборотов двигателя определено из следующей зависимости

$$n_d = \frac{V_{max} \cdot L_0 \cdot 60}{3,6 \cdot 2\pi \cdot R_k}$$

где $i_0 = 5,96$ -передаточное число главной передачи,

$r_k = 0,552$ -радиус качения колеса (по данным Отдела испытаний автомобилей).

Полученные максимальные скорости удовлетворяют техническим условиям для грузового парового автомобиля и автомобиля с прицепом.

Для оценки динамических качеств парового автомобиля весьма показательными являются средние технические скорости по шоссе. Наибольшее значение средней технической скорости парового автомобиля на дистанции 100 км при специальном заезде было равно 40,2 км/час. Для сравнения необходимо отметить, что английский трехосный паровой автомобиль с полным весом 23 тонны при показательном заезде по шоссе на дистанцию 100 км показал среднюю техническую скорость 33,2 км/час при максимальной скорости, равной 48 км/час. При более низкой максимальной скорости паровой автомобиль НАМИ-012 имеет более высокую техническую скорость. Среднее значение технической скорости за все время испытаний, полученное делением общего километража пробега на время чистого движения, равно 30 км/час. Средняя техническая скорость автомобиля ЯАЗ-200 в этих условиях равнялась 37,6 км/час. В условиях шоссежных дорог наличие сцепления позволяет существенно повысить среднюю техническую скорость движения путем использования наката, так как скорость движения автомобиля в процессе наката оказывается выше максимальной скорости автомобиля. Средняя техническая скорость автомобиля с прицепом с общим весом автопоезда 23 тонны на дистанции 165 км получилась равной 30,4 км/час. Автомобиль ЯАЗ-200 с прицепом на участке Москва-Ленинград показал среднюю техническую скорость 32,1 км/час при весе автопоезда 23 т. Средняя эксплуатационная скорость движения парового автомобиля по шоссе, полученная при учете всего времени нахождения автомобиля в пути, равняется 24,3 км/час.

Определение времени и пути разгона автомобиля, характеризующих способность автомобиля к ускорению, производилось с помощью прибора путь-время-скорость. В процессе вышеупомянутых испытаний для трех весовых состояний автомобиля определен разгон автомобиля с места с переключением наполнений.

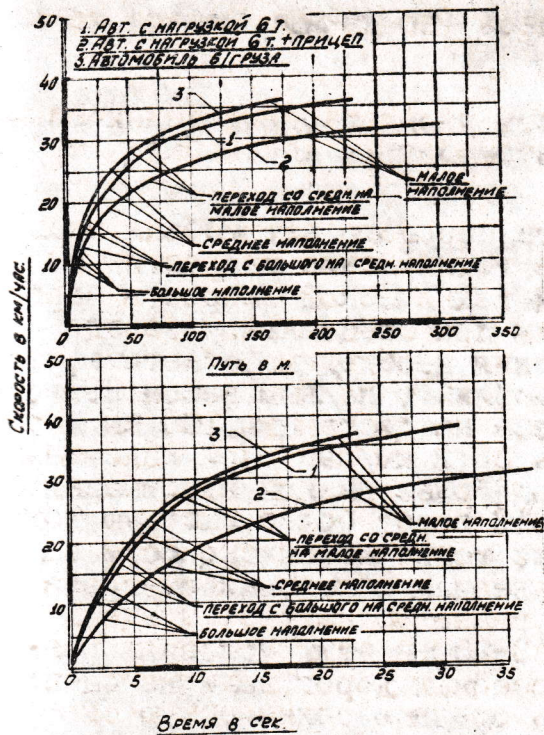
Все разгоны автомобиля производились с места и повторялись в двух противоположных направлениях. Запуск двигателя при трогании автомобиля с места на всех наполнениях происходил безотказно.

Графики разгона показаны на фиг. 23 а, б, в и г, а сравнительные данные приведены в табл. 8.

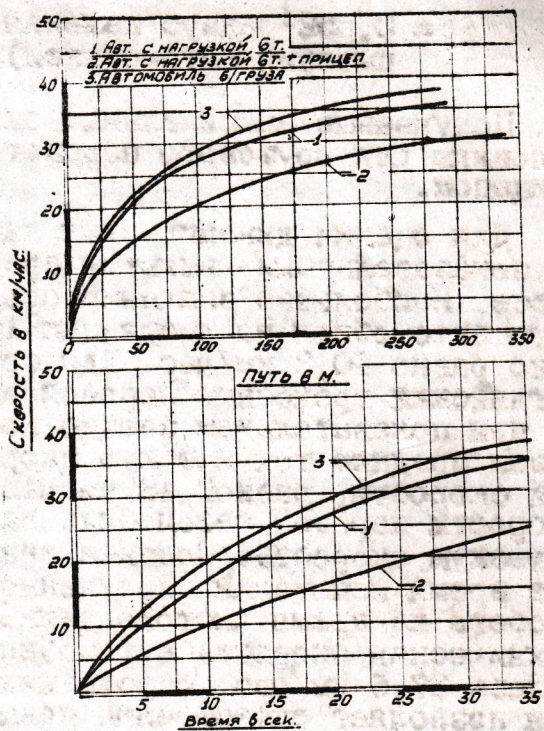
Результаты испытаний показывают, что паровой автомобиль развил заданную максимальную скорость и показал хорошую способность к разгону до скорости 35-37 км/час. Наряду с этим при скорости движения выше 37 км/час способность автомобиля к разгону ухудшается из-за недостаточно удовлетворительного протекания мощностных характеристик двигателя при максимальных оборотах.

Следует также иметь в виду, что трехосный паровой автомо-

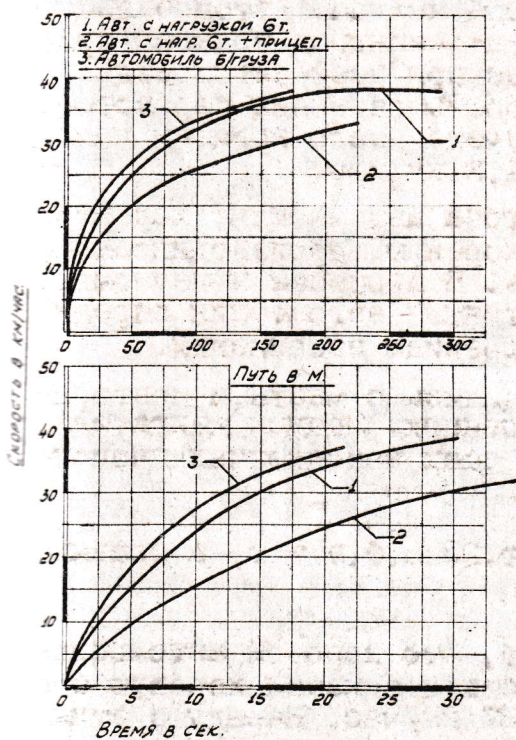
биль и тяжелый грузовой автомобиль ЧАЗ-200 являются сложившимися конструкциями, налаженными в серийном производстве, тогда



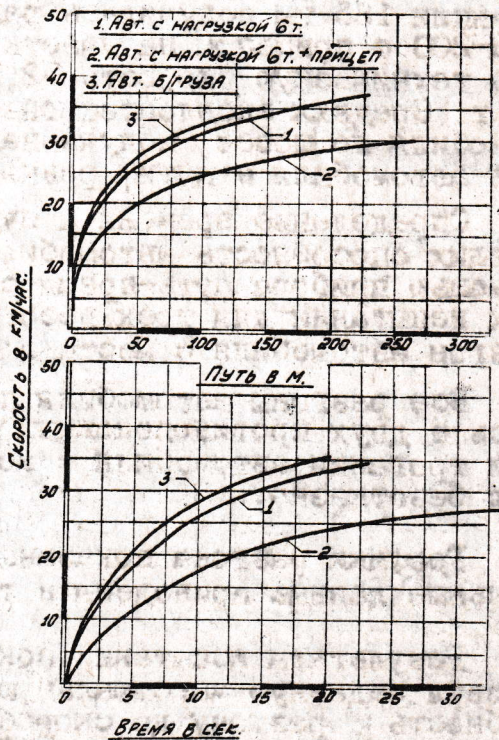
Фиг.23а. Разгон автомобиля с места.



Фиг.23б. Разгон с места на малом наполнении.



Фиг.23в. Разгон с места на среднем наполнении.



Фиг.23г. Разгон с места на большом наполнении.

как паровой автомобиль НАМИ-012 изготовлен только в виде опытного образца. Несмотря на это, сравнительные данные, приведенные в табл.8, показывают, что паровой автомобиль НАМИ-012 располагает хорошей способностью к разгону.

Таблица 8

Марка автомобиля	Полезная нагрузка : т	Походный вес : кг	Скорость : км/час	Время разгона : сек	Характер разгона
Паровой автомобиль НАМИ-012	6	14344	0-16	4,0	Переключение наполнений
Паровой автомобиль НАМИ-012 с прицепом	12	23000	0-32	14,2	Переключение наполнений
Паровой трехосный автомобиль	12	23000	0-16	7,2	Переключение наполнений
Автомобиль ЯАЗ-200	7	13330	0-32	23,0	Переключение передач
Автомобиль ЯАЗ-200 с прицепом	13	23000	0-16	10,0	Переключение передач
	13	23000	0-32	32,5	Переключение передач

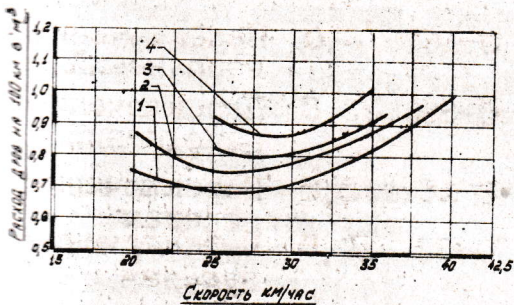
Расход дров

При определении расхода дров снимались дорожно-экономические характеристики путем полного выжигания бункеров и производились эксплуатационные замеры расхода дров за весь рейс автомобиля. В последнем случае учитывались также и те расходы дров, которые происходили на стоянках.

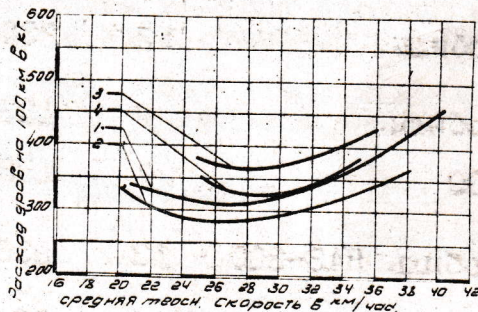
Для парового автомобиля получение расхода дров в зависимости от скорости движения является весьма сложным, так как при выжиге бункера опыт продолжался от 2 до 5 часов, а дистанция пробега составляла от 75 до 120 километров. В течение опыта требовалось, чтобы автомобиль безостановочно работал на постоянной скорости движения. В процессе испытаний допускалось использование наката автомобиля при выключенном двигателе. При отсутствии сцепления на паровом автомобиле использование наката может быть осуществлено только при одновременном торможении двигателем. Но так как смазка цилиндров парового двига-

теля двухстороннего давления производится подачей масла в паропровод, то прекращение поступления пара означает прекращение смазки цилиндров. Поэтому торможение автомобиля паровым двигателем не допускается и использование наката автомобиля при отсутствии сцепления становится невозможным. Использование наката оказывает существенное влияние на расход дров и дистанция пробега автомобиля на бункерах увеличивается от 10 до 20% и уменьшается тепловая нагрузка на двигатель.

Существенное влияние на расходы топлива оказывают влажность и порода дров. Во время обкатки автомобиля использовались сырые березовые дрова, влажность которых достигала 47,6%. Влажность дров, особенно в летних условиях, непрерывно и быстро меняется, что в значительной степени затрудняет сопоставимость получаемых результатов. Опыты показывают, что порода древесного топлива также оказывает влияние на расход дров. Поэтому в процессе снятия экономических характеристик использовались однородные дрова одной и той же партии. Экономические характеристики были получены для березовых дров с рабочей влажностью 33% и хвойных дров влажностью 30,4%. Графики расхода топлива в кубометрах и кг, в зависимости от скорости движения, показаны на фиг. 24 и 25.



1. Экономическая характеристика для березовых дров
2. Экономическая характеристика для хвойных дров
3. Эксплуатационная характеристика для березовых дров
4. Эксплуатационная характеристика для хвойных дров



1. Экономическая характеристика для березовых дров
2. Экономическая характеристика для хвойных дров
3. Эксплуатационная характеристика для березовых дров
4. Эксплуатационная характеристика для хвойных дров

Фиг. 24. Расход дров паровым автомобилем НАМИ-012 с нагрузкой 6 тонн на шоссе.

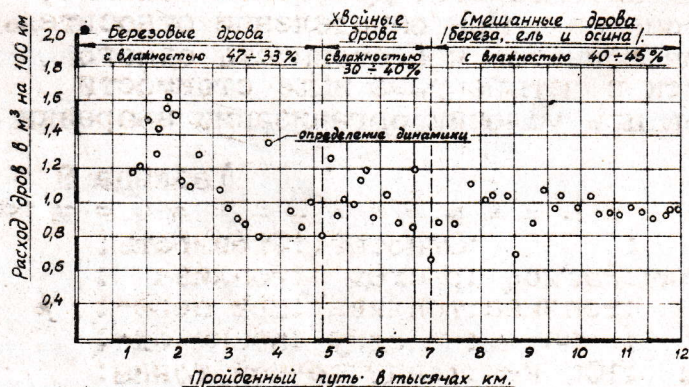
Фиг. 25. Расход дров паровым автомобилем НАМИ-012 с нагрузкой 6 тонн на шоссе.

Весовые экономические характеристики сосновых дров расположились ниже экономических характеристик, полученных для березовых дров. Изменение взаимного расположения графиков расхода обусловлено тем, что влажность сосновых дров была несколько ниже влажности березовых дров. Влажность древесины является фактором, снижающим эффективную калорийность дров. При этом теплотворная способность топлива снижается и теряется преимущество ценных пород перед малоценными со сниженной влажностью. Кроме этого объемная калорийность березовых дров выше объемной калорийности сосны и, наоборот, весовая калорийность сосновых дров выше весовой калорийности березовых. Обычно принято теплоценность дров устанавливать по их объемной, а не весовой калорийности. Удельный вес березовых дров по взвешиванию равнялся 0,46, а хвойных дров - 0,38.

Определение расхода топлива парового автомобиля с нагрузкой 1-2 тонны показало, что расход дров составляет от 2,75 до 3,8 кг/км пути. В указанном весовом состоянии паровой автомобиль в специальном заезде прошел на одной заправке бункеров 120 километров, тогда как под полной нагрузкой на одной заправке бункеров он проходил от 75 до 103 километров.

Определение расхода топлива парового автомобиля с нагрузкой 6 тонн и прицепом при общем весе автопоезда 23 тонны, показало, что расход дров составляет 5-6 кг/км пути. Для сравнения следует указать, что английский трехосный паровой автомобиль в специальном заезде без прицепа с общим весом 23 тонны расходует 2,15 кг качественного короткопламенного угля на километр пути. Принимая низшую теплотворную способность каменного угля равной 7000 ккал/кг получим, что при прохождении километра пути паровой трехосный автомобиль затрачивает - 15000 калорий, что составляет 650 ккал на тонно/километр.

Паровой автомобиль НАМИ-012 при общем весе 14,5 тонн расходует 3-4 кг березовых дров влажностью 35%. Принимая низшую теплотворную способность березовых дров указанной влажности 2800 ккал/кг, получим 8400-11200 ккал на километр пути. В данном случае расход энергии на тонно-километр составляет 580-775 ккал. При буксировании прицепа движение парового автомобиля НАМИ-012 затрудняется и поэтому сравнительная оценка по расходу топлива может быть недостоверной, хотя затрата энергии на километр пути и составляет 610 - 730 ккал.



Фиг.26. График изменения расхода дров в зависимости от пройденного пути.

длит уменьшение подачи воздуха в зону горения и котловое давление снижается при работе двигателя на малых нагрузках. Во время испытаний проводились опыты с целью уменьшения противодействия на выхлопе двигателя до минимально-допустимого предела. В результате этого противодействие при скорости 25-35 км/час равнялось 0,6-1,0 атм, а на подъемах возрастало до 1,4-1,5 а. Всякие неисправности в системе парораспределения и выхлопа с провождаются увеличением расхода воды и топлива. Немаловажно влияние на расход топлива оказывает плотность соединений паропроводов и сальников уплотнений.

На фиг.26 показано изменение эксплуатационного расхода дров в зависимости от пройденного пути. Увеличенный расход дров на первом этапе испытаний объясняется повышенной влажностью дров, неприработанностью и неисправностью механизмов автомобиля, повышенным противодействием выхлопа и неприспо-

на расход дров существенное влияние оказывает величина давления выхлопа. Чем выше противодействие выхлопа, тем больше расход дров. Но при значительном уменьшении противодействия снижается мощность турбины, ухудшается обдув конденсатора и увеличиваются потери воды от неполноты конденсации, а также происхо-

собленностью водительского состава к вождению парового автомобиля. По мере устранения вышеуказанных недостатков, расход дров установился в пределах 0,8-1,1 м³/100 км и таким оставался до конца испытаний. Некоторое увеличение расхода дров к концу испытаний было вызвано поступлением на склад дров влажностью до 45%. Отсутствие определенной закономерности в уменьшении расхода дров в процессе доводки вызвано применением дров различных пород и влажности и различным состоянием нагруженности автомобиля.

Сравнительная оценка общей экономической рентабельности паровых автомобилей относительно бензиновых, дизельных и газогенераторных грузовиков является весьма необходимой. При приближенном сравнении считают, что многоагрегатность паровых автомобилей обуславливает увеличенную стоимость их первоначального изготовления и повышенные расходы на содержание, обслуживание и ремонт. Крупным достоинством паровых автомобилей признается увеличенный срок службы основных агрегатов и механизмов, хорошие тяговые качества в широком диапазоне скоростей, высокая грузоподъемность и низкая стоимость общедоступного местного твердого топлива, оправдывающая первоначальные затраты по производству и последующие расходы по эксплуатации.

В табл.9 на основе фактических данных приведены сравнительные показатели расхода на топливо бензиновых, дизельных, газогенераторных и паровых автомобилей. Древесное топливо, обычно, отпускается в кубометрах. При определении относительной стоимости чурок и дров принято, что стоимость одного складочного кубометра чурок в четыре раза выше стоимости складочного кубометра дров при условии организации заправки машин в лесу.¹⁾

Таблица 9

Тип автомо- биля по роду топлива	Полез- ная на грузка т	Относит. стои- мость тонны топлива руб.	Расход топлива на 100 км кг	Относит. расход топлива на одну тонну по- лезной нагрузки кг/т	Стоимость топлива при пере- возке од- ной тонны полезного груза на 100 км	%
Бензиновый	4,0	1,00	30,0	7,5	7,50	100,0
Дизельный	7,0	0,55	38,0	5,4	2,96	39,6
Газогенера- торный (чурка)	2,5	0,40	100	40,0	16,00	214,0
Паровой - каменно- угольный	5,5	0,15	152	28,0	4,20	56,0
Паровой, ра- ботающий на дровах	6,0	0,10	400	66,0	6,60	88,0

¹⁾ Алексеев А.Р. Паровой автомобиль необходим лесной промышленности, "Лесная промышленность", № 12, 1950 г.

Вышеприведенные данные являются хотя и приближенными, но достаточно красноречивыми. Несмотря на то, что коэффициент полезного действия паросиловых установок значительно ниже коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания, все же по расходу на топливо паровые автомобили выдерживают положительное сравнение с бензиновыми автомобилями и уступают в этом отношении только дизельным автомобилям. Газогенераторные автомобили, ввиду высоких затрат на изготовление чурок, имеют наиболее низкую рентабельность.

Однако паровые и газогенераторные автомобили не должны противопоставляться, так как оба типа автомобиля позволяют народному хозяйству экономить ресурсы важнейшего жидкого топлива, и в этом их главное назначение.

Испытания показали, что паровой автомобиль по запасам воды и топлива обладает более низкой маневренностью, чем дизельные и бензиновые грузовики. Отсутствие в системе автомобильного транспорта станций снабжения и заправки паровых автомобилей водой и дровами ограничивает возможность их маневра в отрыве от гаражей постоянного обслуживания. Кроме этого ход топочного процесса не может быть полностью приостановлен и продолжается на стоянках, погрузке и выгрузке. Вследствие этого необходимо признать, что паровые автомобили должны эксплуатироваться на постоянных дорожных направлениях, оборудованных станциями обслуживания, при этом время стоянки под погрузкой и выгрузкой должно быть возможно малым.

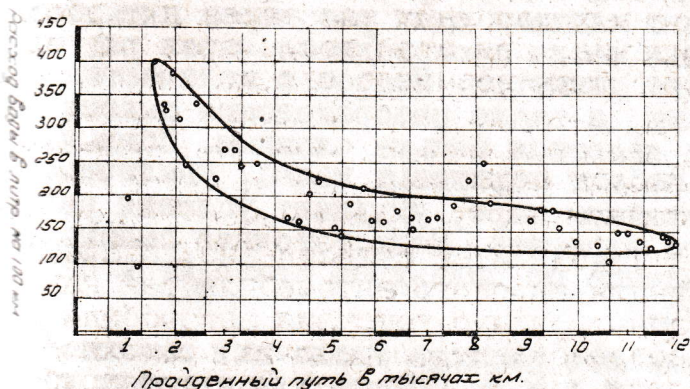
Расход воды

Проблема питания котла водой имеет существенное значение для бесперебойной эксплуатации парового автомобиля, так как большие расходы воды сокращают радиус действия автомобиля и приводят к быстрому накипеобразованию на рабочих поверхностях котла, пароперегревателя и экономайзера. Для водотрубных котлов автомобильного типа, каковым является котельный агрегат НАМИ-012, удаление накипи с рабочих поверхностей механическим путем крайне затруднено и возможно только путем промывки.

Для предупреждения быстрого образования накипи при отсутствии налаженной водоподготовки необходимо допускать минимальные потери воды через неполноту конденсации и через неплотности пароводокommunikаций. Резкие увеличения расхода воды, которые в отдельных случаях имели место при испытаниях, объясняются неисправностями отдельных агрегатов и пропусками через неплотности в паро- и водопроводах. На повышение расхода воды существенное влияние оказывала температура внешней среды, так как весь цикл испытаний был проведен в летних условиях.

На первом этапе испытаний потери воды через конденсатор были значительными из-за большего сопротивления защитных жалюзи прохождению воздушного потока. Вследствие малого сечения жалюзи количество воздуха, проходящего через конденсатор, значительно уменьшалось и его температура на выходе за конденсатором повышалась до 100°C . В таких условиях пар не конденсировался полностью и выходил через вестовую трубу.

в атмосферу. Особенно большое количество пара уходило в атмосферу при форсированных режимах работы. С целью устранения указанного дефекта были запроектированы и изготовлены жалюзи новой конструкции со значительно увеличенным сечением для пропуска воздуха. В результате этого температура воздуха после конденсатора снизилась до 75°C и потеря воды сократилась. Несмотря на улучшение обдува конденсатора, расход воды все же оставался высоким, так как частицы воды, образовавшиеся в трубках восходящей секции конденсатора, выбрасывались через вестовую трубу избыточным давлением. Для борьбы с потерями воды в жидкой фазе был запроектирован и установлен после конденсатора водоотделитель центробежного типа. В этом случае вестовая труба конденсатора была включена по касательной к цилиндру вертикального водоотделителя. Частицы воды, выходя из конденсатора, отбрасывались центробежными силами к периферии водоотделителя и стекали в бак, а оставшийся пар выходил в атмосферу. После установки водоотделителя даже на форсированных режимах работы паросиловой установки, выброс воды через вестовую трубу конденсатора не наблюдался. Эксплуатационные расходы воды значительно уменьшились и установились около некоторого среднего значения, равного 1,4 - 1,6 литра на километр пути. В отдельных заездах запас хода



Фиг. 27. Изменения расхода воды в зависимости от пройденного пути.

расходует в час 50-60 литров воды при мощности парового двигателя 65 л.с. и при наличии двух конденсаторов с общей поверхностью охлаждения 130 кв.метров. Паросиловая установка НАМИ-012 при работе на автомобиле расходует в час 50-60 литров воды при мощности двигателя 100 л.с. и конденсаторе с общей поверхностью охлаждения 60 кв.метров.

Относительно низкие расходы воды для паросиловой установки НАМИ-012 получены благодаря сниженным удельным расходам пара парового автомобиля и высоким качествам конденсационного устройства с восходящим потоком и водоотделителем. Изменение эксплуатационного расхода воды в процессе испытаний и доводки парового автомобиля показано на фиг. 27. На расход воды существенное влияние оказывают: температура внешней среды, наличие утечек воды через неплотности, способ вождения автомобиля, форсированность паросиловой установки и поэтому имело место значительное расхождение результатов по эксплуатационным расходам воды. На графике фиг. 27 границы расхождений в расходах воды очерчены непрерывными линиями. Разность ординат между линиями показывает расхождение результатов на

парового автомобиля по наличию воды составлял 150 км при емкости бака 235 литров. Необходимо отметить, что английский трехосный паровой автомобиль, работающий на выхлоп, имеет радиус действия по запасам воды 61 км при емкости бака 750 литров. Подвижная электрическая станция с паросиловой установкой ППС-40, работающая по замкнутому циклу,

каждом этапе испытания, а общий характер протекания графического контура дает представление об уменьшении расходов воды за все время доводочных испытаний. Запас хода парового автомобиля по наличию воды в расходном баке следует считать равным 100-120 км.

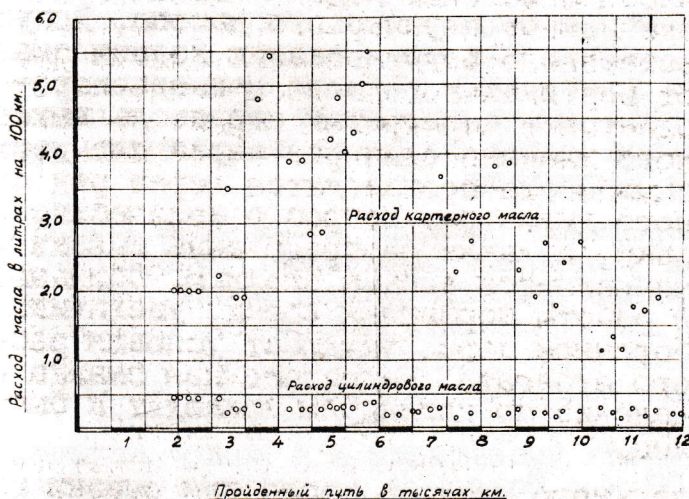
Расход масла паровым двигателем

Система смазки паровых двигателей подразделяется на внутреннюю смазку цилиндров и наружную смазку кривошипношатунного механизма, привода парораспределения, приводного питательного насоса и компрессора. Внутренняя смазка цилиндров парового двигателя имеет особое значение, так как последний работает перегретым паром с температурой до 400°C. В процессе ходовых испытаний для смазки цилиндров применялось отечественное масло "Вапор Т" с температурой вспышки 310°C (ГОСТ 788-43). В этом масле почти совершенно отсутствуют: влага, механические примеси, кислоты и щелочи. Подача смазки в цилиндры производится под давлением от плунжерного насоса, допускающего возможность количественного регулирования подачи смазки. Привод насос получает от вертикального вала привода парораспределения. Масло подается в перегретый пар после выхода последнего из дроссельного клапана один раз через пятьдесят оборотов двигателя. Распыл масла производится через ряд сопловых отверстий различного диаметра. Вопрос о количестве масла, подаваемого для смазки, а также распределение смазки между отдельными цилиндрами является весьма сложным. Обильная смазка, улучшая условия работы поршневых колец, увеличивает маслосодержание в отработанном паре, ухудшает условия работы конденсатора и котельного агрегата. Недостаточная смазка или ее неправильное распределение по цилиндрам приводит к быстрому износу поршневых колец.

Среднее значение удельного расхода масла для смазки цилиндров принято относить к и.л.с.ч. Обычно для паровых судовых двигателей малой мощности, работающих перегретым паром, принимают удельный расход масла 0,5-1,25 г/и.л.с.ч. Опытные показывают, что такая тарификация расхода масла, применительная к автомобильным паровым двигателям, является недостаточно правильной, так как автомобильные двигатели работают на резко переменном режиме. Кроме этого существеннейшее влияние на качество смазки рабочих поверхностей оказывает место подвода смазки и характер распределения смазки по цилиндрам. При наличии регулирования подачи масляного насоса, сравнительно просто под заданную мощность двигателя подобрать требуемый удельный расход масла, тогда как место подачи смазки и характер его распределения не поддаются гибкому изменению и выбору. В процессе стендовых испытаний было проведено значительное количество опытов по выбору рационального режима смазки цилиндров парового двигателя. Но после установки двигателя на шасси поршневые кольца последнего были изношены на протяжении обкаточного пробега в 1502 км, что соответствует вало 40-50 часам работы. До этого двигатель проработал на стенде около 100 часов и при переборке никакого заметного износа поршневых колец не наблюдалось. Разборка двигателя показала, что распределение масла по цилиндрам было совершенно неудовлетворительным, так как вся смазка поступала в треть

цилиндр. Небольшое количество смазки попадало во второй цилиндр, а первый оставался совсем без смазки. Износ поршневых колец располагался в обратном порядке: кольца первого были совершенно изношены и разрушены, поршневые кольца второго сильно изношены, но не разрушены, тогда как кольца третьего цилиндра совершенно не имели износа.

После смены поршневых колец была увеличена подача масла и изменено ее распределение по цилиндрам. Пробег на 1000 км показал увеличенный расход масла, а контрольная переборка двигателя показала недостаточно удовлетворительное распределение смазки по цилиндрам. Смазка первого цилиндра была явно недостаточной, так как поршневые кольца первого цилиндра оказались в достаточной степени изношенными. Поэтому система маслоподачи снова была подвергнута некоторому изменению с целью уменьшения подачи общего количества смазки и увеличения смазки первого цилиндра. График изменения расхода масла в зависимости от пройденного пути показан на фиг. 28. После пробега



Фиг. 28. Изменение расхода масла в зависимости от пройденного пути.

2800 км оптимальный расход масла установился и был равен 250 - 400 г/100 км. Так как средняя техническая скорость парового автомобиля равна 30 км/час, то часовой расход масла равнялся 75-120 г/час, что составляет 1,4 - 2,2 г/и.л.с.ч. При указанном удельном расходе масла условия смазки и нагарообразования в цилиндрах и связанный с этим износ трущихся поверхностей были удовлетворительными. Осмотр рабочих деталей после пробега 12000 км показал, что достигнуто равномерное распределение смазки по отдельным цилиндрам. В результате этого износ поршневых колец первого цилиндра значительно замедлился, но тем не менее поршневые кольца требовали замены из-за износов по первому регулировочному этапу пробега. Поршневые кольца 2-го и 3-го цилиндров имели нормальную изношенность и оказались пригодными для дальнейшей работы. Таким образом наблюдения над процессом смазки внутренних полостей цилиндра показывают, что смазка цилиндров в данном случае подобрана правильно, вследствие чего усиленного нагарообразования, закоксовывания и повышенного износа поршневых колец не наблюдается.

Смазка кривошипношатунной системы парораспределения, компрессора и приводного насоса парового двигателя представляет весьма сложную проблему. Как известно, паровой двигатель двухстороннего давления исключает возможность попадания конденсата воды в картерное масло, так как тепловой процесс двигателя происходит в отдельном блок-цилиндре. Возможность подогрева картерного масла через поршни, его частичного сгорания и загрязнения продуктами сгорания также устраняется. Это выгодно

2800 км оптимальный расход масла установился и был равен 250 - 400 г/100 км. Так как средняя техническая скорость парового автомобиля равна 30 км/час, то часовой расход масла равнялся 75-120 г/час, что составляет 1,4 - 2,2 г/и.л.с.ч. При указанном удельном расходе масла условия смазки и нагарообразования в цилиндрах и связанный с этим износ трущихся поверхностей были удовлетворительными. Осмотр рабочих деталей после пробега

отличает условия смазки кривошипношатунной системы парового двигателя по сравнению с двигателем внутреннего сгорания и, следовало ожидать, что расходы масла будут минимальными. Вместе с тем испытания показали наличие значительной потери масла через сальниковые уплотнения штоков и уплотнения картера распределения. График на фиг. 28 показывает, что расходы масла в отдельных случаях достигали 5,5 л на сто километров пути. На первом этапе испытания мягкие сальниковые уплотнения, монтированные в гнезда при сборке двигателя, работали удовлетворительно и расход масла составлял 2 л на 100 км. После нарушения плотности сальниковых уплотнений расход масла резко увеличился и подбивка сальников приводила лишь к кратковременной локализации дефекта. Все многочисленные доводочные мероприятия временного характера не обеспечили устранения дефекта. Разбросанность точек расхода масла на графике показывает безуспешность устранения дефекта временными средствами.

Постоянное направление боковой силы, действующей на кулак, требует обильной смазки цилиндрической направляющей, а наличие свободного пространства над ним создает условия для возникновения повышенного давления в области сальниковых уплотнений штока. В результате масло проникает через уплотнения и выходит наружу. Потери масла особенно возрастают при увеличении числа оборотов двигателя.

Для существенного уменьшения расхода масла была разработана конструкция чугунных разрезных сальников. Первоначальное применение этих сальников снизило расход масла, но тем не менее его потери были еще большими. Дальнейшее постепенное уменьшение потерь масла было достигнуто путем усовершенствования маслосрезающих выступов сальников, улучшения маслостокков и других мелких конструктивных мероприятий, вследствие этого расход масла уменьшался и к концу испытаний составлял 1,5-2,0 л на 100 км. Основной недостаток чугунных сальниковых уплотнений состоит в слабой способности к приработке к штокам. Поэтому необходимо изготавливать вместо чугунных бронзовые сальниковые уплотнения и тогда можно ожидать, что расход масла будет снижен до 1,0-1,2 л на 100 км. Потери масла через механизм парораспределения занимают незначительное место и уже почти полностью устранены.

Для смазки вышеупомянутых механизмов применялось масло "СУ" и МКВ с 2,5% присадкой паранокса. Давление в системе равно 2,5 ата. Емкость масла в картере при нормальном уровне составляла 15 л. Выбор надлежащего сорта смазочного масла оптимального давления и уровня и получение минимального расхода масла следует считать достигнутым только в первом практическом приближении.

Розжиг котла и запуск двигателя парового автомобиля

Розжигу котла предшествует обычный профилактический осмотр шасси и паросиловой установки автомобиля. При этом одновременно проверяется наличие воды и топлива в котле. После этого с обеих сторон котлоагрегата отвинчиваются шуровочные люки и подожженная береста или концы закладываются в топку котла. Если розжиг котла ведется на естественной

тяге, то люки оставляют открытыми. Если же розжиг котла производится с применением воздушного дутья, люки завинчиваются наглухо и включается воздуходувка с приводом от электромотора. Когда котловое давление подымется до 3-5 атм производят первую продувку котла и продувку водомерного стекла.

Длительность розжига котла при одинаковых условиях зависит от наличия в топочном устройстве древесных углей, так как последние хорошо воспламеняются и обеспечивают быстрое распространение пламени по всему топочному объему. Длительность розжига котла от холодного состояния при отсутствии древесного угля занимает на 10-15 минут больше времени, чем длительность розжига котла, работавшего накануне. Воздух, необходимый для обеспечения процесса горения при розжиге, подается вентилятором, вращаемым электромотором, или может поступать в топку котла под действием естественной тяги. В процессе испытаний были проверены оба способа розжига. Результаты опытов приведены в табл.10.

Таблица 10

	Время роз- жига до пуска тур- бины : мин	Время роз- жига до 12 ата : мин	Время роз- жига до 24 ата : мин	Расход дров : кг
Розжиг котла с применением вентилятора	15-20	25-30	30-40	40-50
Розжиг котла на естественной воздушной тяге	25-30	35-40	40-50	40-50

Порядок розжига котла был следующий: вначале котловое давление поднималось до 6-10 атм, после чего перегретым паром пускалась турбина привода вентиляторов. Время дальнейшего подъема котлового давления с помощью турбины при любом способе розжига котла остается неизменным. При розжиге котла на естественной тяге увеличивается только время, необходимое для подъема давлений пара до пуска турбины. Расход топлива на розжиг котла не изменяется от способа создания тяги, но зависит от качества топлива, наличия древесного угля и теплового состояния котельного агрегата.

После того, как котловое давление поднято до 12-15 ата, паровой автомобиль можно считать подготовленным для движения. Опыт показывает, что автомобиль удовлетворительно работает при котловом давлении 10-12 ата и способен в процессе работы быстро восстанавливать нормальное рабочее котловое давление.

Запуск парового двигателя автомобиля отличается от запуска двигателя внутреннего сгорания тем, что требует обязательной предварительной продувки рабочих цилиндров. Продувка парового двигателя острым паром необходима для удаления конденсата из рабочих цилиндров и для прогрева двигателя. Продувка предупреждает возникновение гидравлических ударов при запуске и образование конденсата на холодных

стенках цилиндра при первоначальной работе двигателя. Для осуществления продувки необходимо открыть главный запорный вентиль котла, затянуть центральный тормоз и установить рычаг переключения наполнений в положение продувки. При таком положении распределительного вала все клапаны парораспределения и продувочный клапан будут открыты, вследствие чего все полости цилиндров будут продуты одновременно. После подготовки необходимо слегка нажать на педаль дросселя и открыть доступ пару в рабочие цилиндры.

Дроссельный клапан в процессе продувки следует периодически закрывать на 1-2 минуты и повторять открытия в течение 5-6 минут пока двигатель не прогреется. Большое и длительное открытие клапана вызывает непроизводительный расход пара на прогрев и значительный нагрев подшипников турбины.

Непосредственно перед запуском двигателя необходимо провратить вручную (5-10 оборотов) масляный насос высокого давления, чтобы обеспечить подачу масла в паропровод острого пара до первых оборотов двигателя.

После этого отпускают рычаг центрального тормоза, устанавливают рычаг переключения наполнений в положение большого наполнения и нажимом ноги на педаль дросселя пускают пар в цилиндры. Сразу же после запуска необходимо переводить рычаг переключения на рабочее наполнение. При повторных запусках прогретого двигателя, после кратковременной стоянки, продувку цилиндров можно не производить.

Управление парового автомобиля

Посадка водителя и пассажиров в 3-местной кабине переднего расположения удобная, а обзорность вперед и в стороны хорошая. Видимость при осаживании автомобиля назад затруднена и достигается через боковое стекло или открытую дверь. Но так как паровой двигатель надежно работает на постоянном открытии ручного дросселя, то водитель полностью переключается на наблюдение за обстановкой, что облегчает условия поворота.

Все приборы, контролирующие работу всех агрегатов и механизмов парового автомобиля, расположены на щитке и беспрепятственно доступны для наблюдения с рабочего положения водителя.

Расположение руля, педалей сцепления, тормоза и дросселя удобное. Опыт показывает, что воздействием ноги на педаль дросселя можно в широких пределах менять скорость движения автомобиля. Собственно механизм управления дросселем надежен и обеспечивает плавное изменение мощности двигателя по воле водителя.

Несмотря на увеличенную нагрузку на переднюю ось, рулевое управление автомобилем на шоссе не является чрезмерно утомительным. Относительно тяжелым является руль при разворотах автомобиля на грунте. При испытании паровой автомобиль часто совершал рейсы на 200-300 км с одним водителем и повышенной утомляемости последнего не наблюдалось.

В процессе движения, водитель, помимо обычных операций управления, производит наблюдение за уровнем воды в котле и осуществляет его регулирование. Наблюдение за уровнем производится по световому дистанционному указателю, а при неисправности последнего по водомерному стеклу. Поддержание уровня достигается с помощью вентиля перепуска, который расположен под левой рукой водителя. В течение часа работы паросиловой установки вентиль перепуска открывается водителем от 6 до 10 раз.

Колебание котлового давления при движении автомобиля происходит медленно, так как паросиловая установка автоматически изменяет ход топочного процесса в нужном направлении. Кратковременное форсирование паросиловой установки при обычных изменениях внешних сопротивлений и на подъемах не оказывает значительного влияния на величину котлового давления и последнее всегда остается в пределах рабочего диапазона — порядка 15–20 атм. При резком и часто повторяющемся форсировании паросиловой установки котловое давление быстро возрастает и начинает работать предохранительный клапан котла. При малых и постоянных нагрузках котловое давление устойчиво удерживается на уровне 14–15 атм. Вышеуказанный характер работы паросиловой установки имел место при давлении выхлопа перед турбиной 0,6–1,5 атм.

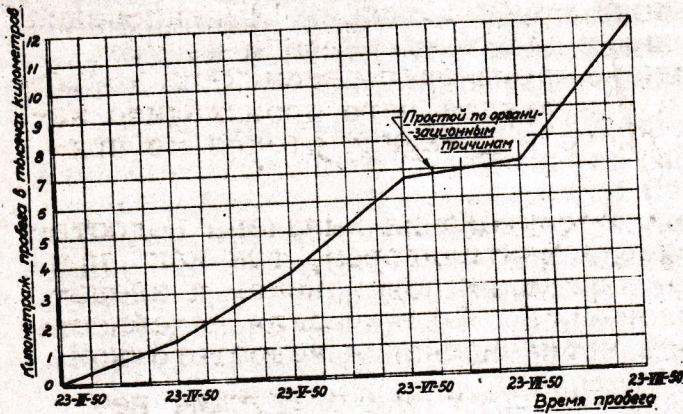
Длительные наблюдения показывают, что в паросиловой установке НАМИ-012 двигатель, котлоагрегат, турбовоздуходувка, конденсатор, вентилятор конденсатора и питательные насосы в общем ходе процесса увязаны в надлежащих функциональных отношениях и в значительной степени производят автоматическое изменение топочного процесса в нужном направлении. Самоподача топлива в зону горения происходит надежно и не требует вмешательства со стороны водителя. Заправка автомобиля с платформы водой и топливом занимает 7–10 минут при работе двух человек. Общее конструктивное решение позволяет надежное управление и обслуживание парового автомобиля одним водителем, но следует считать желательным наличие помощника водителя, хотя бы из числа неквалифицированных рабочих. Во время движения водитель пользуется педалью дросселя, рычагом переключения отсечек, тормозами и вентилем перепуска воды. Изредка пользуется педалью сцепления и манеткой регулирования подачи воздуха. Все другие органы управления используются преимущественно на стоянках. Трогание с места, разгон и преодоление подъемов происходит только при воздействии на педаль дросселя и рычаг переключения наполнений. Из сказанного следует, что управление паровым автомобилем является простым и не требующим оперирования педалью сцепления и рычагом многоступенчатой коробки передач. Общая компоновка поста управления паровым автомобилем обычна для грузовиков и поэтому он управляется водителями последних.

Надежность и механическая прочность парового автомобиля

В процессе пробеговых испытаний проводилось систематическое наблюдение за работой отдельных агрегатов.

Ввиду того, что испытания носили экспериментально-доводочный характер в каждую деталь, имеющую неисправности, вносились необходимые конструктивные изменения. После этого производи-

лось дальнейшее наблюдение над работой этой детали и устанавливалась степень устранения или локализации дефекта. В результате доводки надежность автомобиля, по мере увеличения километража пробега, улучшалась. Степень улучшения надежности, в известной мере, характеризуется графиком ежемесячного пробега автомобиля, показанном на фиг. 29. Из графика следует, что расстояния пробега возрастали из месяца в месяц. Ходовые испытания автомобиля практически были проведены в четыре месяца, так как в течение одного месяца автомобиль не участвовал в испытаниях по организационным причинам. В течение четырех месяцев паровой автомобиль НАМИ-012 прошел за



Фиг. 29. График пробега парового автомобиля НАМИ-012.

шестьдесят один выезд 12000 км, что составляет около 190 км за дневной рейс. Средняя техническая скорость движения автомобиля за весь пробег составляла 30 км/час, а средняя эксплуатационная скорость, учитывающая все время нахождения автомобиля в пути, оказалась равной 24,3 км/час. Отношение вышеупомянутых скоростей, равное 0,81, показывает, что время обслуживания автомобиля в пути по заправке, регулировке, ремонту и другим причинам составляет 19% от общей продолжительности рейса.

Значительная часть неисправностей по паровому автомобилю, выявленных в процессе испытаний, возникала из-за дефектов производственного характера. Устранение производственного дефекта, в большинстве случаев, не создало серьезных затруднений. Значительные трудности возникали при устранении серьезных дефектов конструктивного порядка, когда причины, порождавшие неудовлетворительную работу отдельной детали или механизма, были неясны. Неясность представлений об истинных причинах дефектов по всем агрегатам и механизмам возникала в результате новизны вопроса, сложности взаимодействий между отдельными агрегатами, ограниченности времени и несовершенства экспериментальных средств.

По паровому двигателю имели место следующие дефекты: осадка пружин предохранительных клапанов, обрыв стебля впускного клапана, поломка коромысел привода клапанов и износ поршневых колец. Причиной быстрого износа поршневых колец являлась недостаточность смазки и ее неравномерное распределение по цилиндрам.

В целом смазка парового двигателя не отработана в достаточной степени; вследствие этого имеют место недостатки по смазке цилиндров и значительные потери масла через сальниковые уплотнения в системе смазки кривошипношатунной группы. Картерное масло, теряемое через эти уплотнения, разбрызгивается вентилятором конденсатора и загрязняет машинное отделение, электропроводку и клиновидные ремни. Частицы масла засасываются также через фильтр компрессора и загрязняют

воздухопроводы и ресивер пневматического управления тормозами.

Наиболее серьезным недостатком котла, выявленным при испытаниях, следует считать образование "отдулин" и возникновение трещин на некоторых экранных трубках топки. Возникновение дефекта произошло в месте с интенсивным отложением шлама, вследствие нарушения циркуляции. Кроме этого возникало коробление листов шахты для дров, в результате чего происходило зависание топлива, имела место смена водомерных стекол по причине образования трещин и т.д.

По группе вспомогательного оборудования выявлена недостаточная надежность турбины привода вентиляторов, так как при работе были случаи разрушения шариковых подшипников и заедание кольцевых сальниковых уплотнений. Механическая надежность привода электромоторов розжига котла является недостаточной.

Агрегаты шасси парового автомобиля имели следующие недостатки: самовыключение коробки передач, деформация выводного конца вторичного вала коробки передач и деформация наружной колодки центрального тормоза.

Система управления тормозами вначале имела следующие недостатки: компрессор не обеспечивал нормальную производительность, регулятор давления работал неустойчиво и в систему воздухопроводов проникало масло.

Несмотря на вышеуказанное, по всем агрегатам и механизмам значительное количество дефектов было устранено и паровой автомобиль прошел типовые испытания, предусмотренные общесоюзным стандартом ОСТ/ВКС 7638.

В ы в о д ы

Полный объем работ по созданию отечественного парового автомобиля НАМИ-012 позволяет сделать следующие выводы по оценке работоспособности и надежности отдельных агрегатов паросиловой установки и автомобиля в целом:

1. Стендовые испытания парового двигателя, котла, насосов и турбины привода вентиляторов выявили, что эти агрегаты по конструкции, мощности и производительности удовлетворяют заданным техническим условиям, а их относительное расположение на автомобиле выполнено правильно и целесообразно.

2. В паросиловой установке автомобиля паровой двигатель, котельный агрегат, турбина привода вентиляторов, топочная воздуходувка, конденсатор, вентилятор конденсатора и питающие насосы в ходе процесса находятся в правильных соотношениях и обеспечивают рациональную работу парового автомобиля при управлении одним человеком. Время запуска автомобиля от холодного состояния до начала движения составляет 35 - 50 мин.

3. Паровой автомобиль НАМИ-012 по сравнению со стандартными грузовиками обладает пониженной удельной грузоподъемностью из-за значительного собственного веса шасси и веса снаряжения и оборудования.

4. Тяговая динамика парового автомобиля НАМИ-012 применительно к классу тяжелых грузовых автомобилей и тягачей яв-

ляется достаточной. Автомобиль пригоден для работы в качестве магистрального тягача на дорогах с твердым покрытием и на ледяных дорогах, в том числе и проложенным по руслам рек.

5. Паровой автомобиль надежно работает на швырковых дровах самых разнообразных пород с рабочей влажностью до 50%. Размер швырка по длине принят равным 0,5 м, а его поперечное сечение может достигать 0,010-0,02 м² (диаметр 110 - 160 мм). Расход дров стандартной влажности при полезной нагрузке 6 тонн в зависимости от качества топлива составляет 3-4 кг/км, а в зависимости от скорости движения автомобиля - 3-5 кг/км. Запас хода автомобиля по наличию дров в бункерах котла равен 80 - 100 км. В процессе испытаний паровой автомобиль работал на березовых, сосновых и еловых дровах с рабочей влажностью от 30 до 47,6%. По расходам на топливо паровой автомобиль среди грузовиков является наиболее экономичным и уступает в этом отношении только автомобилям с двигателем дизеля.

Расход воды паровым автомобилем в летних условиях является достаточно низким и составляет от 1 до 1,5 л/км. Запас хода автомобиля по наличию воды в расходном баке равен 100 - 120 км. При этом давление перед турбиной привода вентиляторов должно поддерживаться от 0,6 до 1,50 ата.

Расход картерного масла паровым двигателем достигает 2,5-3,5 л/100 км, что следует считать завышенным. Расход цилиндрического масла поддерживался на уровне 0,25-0,35 л/100 км. При такой подаче цилиндрического масла в перегретый пар усиленного износа и закоксовывания першневых колец не наблюдалось.

6. Доступность обслуживания агрегатов парового автомобиля и управление последних не вызывают каких-либо особых затруднений. Расположение приборов и рычагов, педалей и вентиля управления удобное, а операционное назначение большинства из них является обычным для автомобильной практики. Поэтому паровой автомобиль обслуживается и управляется водителями стандартных автомобилей.

7. Механическую надежность агрегатов модернизированного опытного образца парового автомобиля следует считать удовлетворительной, но требующей ряда дальнейших конструктивных улучшений, в части: системы смазки, сальниковых уплотнений, паропроводов, котельного агрегата, турбины привода вентиляторов и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дорожные испытания пробегом на 12 000 км показали, что по конструкции отечественный паровой автомобиль НАМИ-012 является современным тяжелым грузовиком, располагающим хорошими динамическими качествами, экономичностью и достаточными для автомобилей данного класса маневренностью и проходимость

Общая компоновка парового автомобиля НАМИ-012 выполнена рационально и, без существенных изменений паросиловой установки, допускает возможность изготовления лесовозных тягачей с передним ведущим мостом.

В настоящее время создание отечественного парового автомобиля НАМИ-012, работающего на дровах, находится в таком положении, когда все основные вопросы конструкции парового автомобиля и его агрегатов практически разрешены и требуется дальнейшее улучшение общей надежности по износу и прочности.

ВОПРОСЫ И ВЫСТУПЛЕНИЯ

Вопрос. Очень интересно, чтобы докладчик сообщил как проходят Госиспытания? В тезисах сказано, что маневренность паровых автомобилей ограничена, а в докладе говорится, что она вполне нормальная?

Ответ. Понятие маневра может быть широко истолковано. Есть автомобили, которые проходят без пополнения горючим 700 км. Это выгодно и достигается на военных автомобилях. Но я имел в виду ограниченную маневренность парового автомобиля. Испытания показали, что паровой автомобиль обладает более низкой маневренностью, чем дизельный и бензиновый, так как отсутствие пунктов заправки водой и топливом ограничивает возможность его маневра в отрыве от гаража. Собственных же запасов воды и дров ему хватает на 80-100 км пути.

Кроме того, ход топочного процесса не может быть прекращен на стоянке, погрузке и выгрузке. Вследствие этого паровой автомобиль необходимо применять для работы на длительные дистанции, причем время стоянок должно быть минимальным.

Вопрос. В докладе сказано, что нужны сцепление и коробка передач, а при езде не потребовались передачи. Может быть совершенно напрасно поставлено сцепление?

Ответ. Нет. При использовании наката под гору получали экономию до 20%. Кроме этого при вывозке бревен и хлыстов в лесу вес автопоезда остается равным 23 т. Сцепление и коробка передач позволяют эффективнее увеличивать тягу переключением, чем большое наполнение парового двигателя, включаемое в случае перегрузки.

На паровом автомобиле большое и среднее наполнения обеспечивают получение почти равновеликого крутящего момента, порядка 240-250 кгм. По существу большое наполнение не дает увеличения силы тяги и нам нужно на ходу включать замедленную передачу. Максимальная тяга на крюке парового автомобиля, согласно расчетам, равна 4500 кг.

Вопрос. Сколько образцов паровых автомобилей испытано и какой километраж они прошли?

Ответ. Сейчас испытано два образца с километражем 10000 и 20000 км. Я докладывал об испытании одного образца пробегом в 12000 км.

Вопрос. Используете ли "разгон-накат"?

Ответ. Используем, но это не метод эксплуатации, а метод экономии топлива. Для этого требуются значительные терпение и выдержка от водителя.

Вопрос. Весовая характеристика парового автомобиля?

Ответ. В снаряженном состоянии автомобиль весит 8344 кг. Вес воды 340 кг. Вес топлива 320 кг. Общий вес заправки (масла и проч.) 700 кг. Таким образом, паровой автомобиль весит в незаправленном состоянии 7650 кг. Полезная нагрузка автомобиля 6 тонн. Значительная часть увеличения веса, по сравнению с ЯАЗ-200, приходится на переднюю ось. Поэтому задняя ось позволяет грузить на платформу 6250 кг. В действительности грузоподъемность принята 5-6 тонн.

Вопрос. Достаточно ли максимальная скорость 42 км/час?

Ответ. В Англии на отдельных моделях обеспечивают максимальную скорость до 60 км/час, но не ставят упряжных приборов для буксирования прицепов. В Германии, наоборот, делают тягачи без платформы, балластируют их только паросиловыми установками. Скорость у них до 35 км. С точки зрения народного хозяйства оба решения непреимлемы. Для того, чтобы паровой автомобиль мог работать грузовиком и тягачом, ему нужно обеспечить максимальную скорость, которая не позволяла бы тормозить автомобильный поток на шоссе на дорогах, и нужно дать тягу для того, чтобы буксировать тяжеловесные прицепы. Эти обстоятельства и заставили нас назначить максимальную скорость 42 км, хотя, по имеющейся мощности, мы могли бы поднять скорость до 60 км/час. Таким образом если исходить из того, что паровой автомобиль будет эксплуатироваться на Минском или Ленинградском шоссе, то скорость 42 км/час низка. Если же считать, что паровые автомобили будут работать на ухудшенных дорогах, то эта скорость больше той, которую требуют Технические условия Министерства лесной промышленности, (последние предусматривали максимальную скорость 30 км/час). Это не ошибка, потому что в лесной промышленности знают, какая скорость необходима для лесных дорог. Стремление сделать паровой автомобиль более универсальным в применении заставило нас задать максимальную скорость 42 км, а не 30 км/час.

Вопрос. Как вы представляете особенности применения паровых автомобилей.

Ответ. Паровые автомобили, по краткому опыту эксплуатации невыгодно использовать на коротких дистанциях, так как они наиболее рациональны при эксплуатации на больших расстояниях.

Я в докладе не продемонстрировал вам еще один раздел, характеризующий надежность парового автомобиля.

Предварительно необходимо заметить, что первый паровой автомобиль в 1948-1949 г.г. мы испытывали на коротких дистанциях, порядка 20-40 км в одну езду. Паровой автомобиль к концу такого рейса только устанавливал тепловое равновесие в прогреву механизмов и по ходу топочного процесса, т.е. автомобиль входил в режим, а мы прекращали движение. Поэтому в последующих испытаниях паровых модернизированных автомобилей применялся другой метод - автомобили посылались на длительные пробеги и работали безостановочно от 3 до 5 часов, а в течение смены - 10-12 часов. При таком положении они прошли

12 тыс. км за 4 ходовых месяца и показали хорошие результаты. За все время сделан 61 выезд или за один выезд 190 километров.

Опыт показал, что паровой автомобиль эффективно работал тогда, когда его поставили на линию Москва-Калинин, и он за рейс проходил 330 километров.

Автомобиль при этом управлялся одним водителем и его повышенной утомляемости не наблюдалось, несмотря на то, что на переднюю ось нагрузка равнялась 4500 кг. Подмена водителя также не требовалась.

Если оценивать механическую надежность парового автомобиля, то она характеризуется следующим: за первый месяц испытаний пройдено 1500 км, за второй - 2500 км, за третий - 3500 км и за четвертый месяц - 5000 километров.

Я полагаю, что надо применять паровые автомобили на вывозке леса на больших дистанциях, когда время погрузки и выгрузки будет относительно малым и когда бесспорная надежность его механизмов будет позволять длительное безостановочное движение.

Канд. техн. наук ШЛЫКОВ Ю. П.
ЦНИИМЭ

Мне приходится испытывать паровые автомобили НАМИ-012 и я хочу поделиться своими впечатлениями об их работе и указать конструктивные недочеты, которые выявились и устранение которых позволит значительно улучшить машину.

Первая машина прошла 20000 км, из них на госиспытаниях около 8000 км; вторая машина прошла около 10000 км. Этот факт говорит уже сам за себя. Самое важное было установить насколько согласованно работают агрегаты паросиловой установки. В первом же рейсе на это было обращено главное внимание. Оказалось, что согласованность действий агрегатов вполне удовлетворительная. Котел обеспечивает машину достаточным количеством пара. Конденсатор, в основном, справляется с той нагрузкой, которая на него приходится. В процессе весенних испытаний у нас не было каких-либо перебоев. В условиях шоссе паросиловая установка ведет себя хорошо и автоматизация всего процесса ее работы достаточно удовлетворительная, так что водителю вмешиваться в этот внутренний процесс не приходится. В условиях Ленинградского шоссе машины пробегали в день по 300-400 км и каких-либо перебоев в их работе не наблюдалось.

В настоящее время машины находятся в лесу, где они должны испытываться в условиях лесной дороги. Первое время машины, забалластированные дровами, проходили по обычной дороге в лесу, проложенной автомобилями ЗИС-5. Подготовка дороги велась так: в заданном направлении пропускается трактор с треугольником для расчистки будущей дороги от снега. Затем пускают автомобили, которые пробивают дорогу в течение 10-15 рейсов. Паровой автомобиль пробивает эту же дорогу в один - два рейса, а после прохождения паровых автомобилей ЗИС-5 работает как на асфальтовом шоссе.

Но выявилась другая особенность, несколько неприятная. Распределение нагрузок, которое получилось в силу конструктивного решения, привело к перегрузке передка машины; автомобиль часто сходит с колеи, управление теряется, приходится резко тормозить, осаживать машину назад и пытаться выехать на колею. В этих условиях особенно сказалась необходимость устройства переднего ведущего моста. В таком состоянии, как сейчас, паровой автомобиль не работоспособен. Стоит большого труда пробиться на лесосеку, чтобы добраться до груза. Водителю до лесосеки приходится буквально мучиться, потому что управление очень тяжелое. Когда же водитель едет обратно с грузом, то впечатление такое, как будто он ведет легковую машину, управлять машиной легко и никакой перегрузки не чувствуется.

Один из автомобилей в последнее время переведен нами под вывозку хлыстов. В основном машина вывозила 18 кубометров древесины. Такую нагрузку она не чувствовала. Мощность паросиловой установки вполне обеспечивает транспортировку такого груза. Однако эксплуатация в условиях лесной дороги имеет свои особенности. Если в условиях шоссе можно двигаться с разгоном и накатом, то в лесных условиях это ограничено и сказалось на расходе топлива.

При движении на лесной дороге, которое можно сравнить для паросиловой установки как движение по постоянному подъему или как по тяжелому профилю, сказалась некоторая нехватка пара. Были случаи когда приходилось останавливаться и нагонять пар, правда, были и другие причины падения давления. Об этом скажу ниже.

В условиях тяжелого нестационарного режима движения выявилась некоторая несогласованность действий агрегатов. В некоторых выездах, в которых я сам участвовал, оказалось, что агрегаты не входят в нормальный режим работы, в частности, конденсатор, который почти все время парит. Здесь расход топлива и воды на километр пробега резко повысился.

Если по шоссе при заправке водой автомобиль проходит свыше 100 километров, то в условиях лесной дороги - 50. Особенно хорошее впечатление остается от трогания автомобиля с грузом. Груз в 18 кубометров древесины (в хлыстах) снимается плавно и легко, машина плавно набирает скорость и идет хорошо. Рейс груженого автомобиля протекает исключительно благоприятно.

То же можно сказать насчет преодоления препятствий на дорогах.

Паровые автомобили сбрасывают скорость перед препятствием, а потом плавно переезжают через них передними колесами, а затем чувствуется, что и задние колеса прошли без толчка и рывка. Это в условиях зимней дороги. Расход топлива на лесных дорогах резко вырос, раза в два и выше против полученного на шоссе.

Для лесных условий большое значение имеет отсутствие искрения котла.

Правильным ведением процесса отопления котла водитель может частично это предотвратить. Для этого необходима лишь более частая загрузка бункера котла с тем, чтобы не доводить бункер до выжигания, когда уже начинают выбрасываться мелкие

угольки. Здесь уже нужна постоянная внимательность водителя к котлу.

В настоящее время каких-либо замечаний паросиловая установка, как таковая, не вызывает. Остановки по набору пара в лесу практически не имеют существенного значения потому что, если машина простоит в лесу по набору пара 5 минут, то это не скажется ни на работе дороги, ни на работе машины.

Гораздо более важным моментом является необходимость содержания машины в зимнее время в горячем резерве, для чего необходим специальный обслуживающий персонал, тратится топливо и в самом котле происходит процесс смолокурения. Некоторые части котла засмаливаются, их приходится периодически вынимать и очищать. Во время же работы машины в рейсе процесс засмаливания поверхностей нагрева не наблюдался или наблюдался в очень незначительной степени. Поэтому, если эксплуатировать такую машину зимой и иметь периоды стоянок, то нужно или хранить ее в холодном состоянии, или продумать процесс наиболее рационального хранения во время горячего резерва. X

Вообще по тяговым свойствам машина для леса очень интересна, потому что огромный крутящий момент позволяет ей хорошо снимать груз с места и преодолевать все препятствия.

При небольшой скорости движения в лесу (не более 22 км) наблюдается такая мелкая неполадка, как отсутствие зарядки аккумулятора. Но это мелкое замечание, о котором не следует говорить, когда мы оцениваем паросиловую установку в целом.

Большой интерес представляло также испытание автомобиля при пониженных температурах. Всем казалось, что машина, так оформленная, принесет массу неприятностей при низких температурах. Изолировав ряд трубопроводов и устройв небольшой прогрев для трубок и кабины, удалось достигнуть полной антизамерзаемости машины. Мне пришлось ездить при температуре -39° . Мы выехали в ночь при температуре -33° и потом она понижалась. При температуре (-35°) - (-37°) машина простояла в лесу 3 часа, после чего в полной исправности прибыла в свое расположение, пройдя на таком морозе свыше 30 км. Мы прибыли в гараж, не имея никаких повреждений, так что в смысле морозоустойчивости те небольшие мероприятия, которые были проведены при доводке машины, оказались практически достаточными.

Следует напомнить, что и рейс из Москвы протекал тоже при пониженной температуре - минус 31° , при сильном боковом северном ветре. Однако машина сделала нормальный рейс - около суток. В настоящее время автомобили находятся в холодном гараже, который сделан из теса.

Теперь о конструктивном решении. Компоновка самой машины удачная. Нет чрезмерного перегрева кабины и в то же время имеется достаточное количество тепла, которое проникает в кабину; доступ ко всем агрегатам удобен.

Недостатком является низко посаженный картер двигателя и расположение питательного приводного насоса в самой низкой точке пароводяного тракта. Если в зимнее время надо спустить воду придется демонтировать и насос.

О конденсаторе. Парение конденсатора может быть объяснено недостаточной поверхностью охлаждения и, во-вторых, плохим аэродинамическим использованием ее. При данном расположении поверхности конденсатора и вентилятора обдувка поверхности довольно низкая. Поэтому при минус 20-25° конденсатор парит.

О котле. Наблюдались случаи зависания дров в шахтах. Из-за этого приходилось останавливаться, вскрывать бункер, вскрывать люки и убеждаться, что действительно дрова нависли. Поэтому надо просмотреть лучше конструкцию шахты, чтобы исключить возможность зависания дров.

Много хлопот приносит водителю наблюдение за уровнем воды в котле. При управлении машиной в настоящее время водитель один с этим делом не справляется. Приходится контролеру следить за уровнем по стеклу. Двухпозиционный указатель уровня не позволяет судить о правильности работы котла. Здесь нужно радикальное вмешательство.

По паровой машине. В процессе испытаний мы имели несколько случаев остановки машины из-за повреждения поршневых колец.

Вскрытие показывало, что поршневые кольца целиком изношены. Меня это особенно удивляет, потому что аналогичные машины на паровых электростанциях, которые мы эксплуатируем в лесной промышленности, никогда подобных случаев не имели. На одной станции такой же паровой двигатель проработал свыше 3000 часов и когда мы его вскрыли, то практически никакого износа колец не было. Чем это объяснить? Мне кажется, что нужно обеспечить необходимый подвод смазки ко всем цилиндрам и тогда вряд ли смогут быть такие досадные случаи с кольцами. Имеются два метода смазки: в пар и на стенку. При смазке в пар масло вдувается в паровой поток; масло распыляется и окисляется, т.е. теряет свои смазочные свойства. Если смазывать паровую машину в пар, то при температуре перегрева 435° смазка практически уже отсутствует. А если смазывать на стенку, то можно смазывать машину при температуре перегретого пара до 500°. Аналогичная машина, имеющая те же условия режима работы, не дала никаких угрожающих данных по износу колец. Сейчас в лаборатории ИНИМЭ подобная машина переведена на смазку исключительно на стенку и никакой смазки в пар уже не дается.

Расход смазки был одинаковый. Дело здесь заключалось еще в том, что подвод смазки в пар, и не индивидуальный, а общий, во всех цилиндрах, не оправдывает возлагаемых на него надежд.

У докладчика спрашивали, применяется ли в паровом автомобиле пониженная передача. В процессе работы в лесу пониженная передача понадобилась; при пониженной передаче машина более легко преодолевала все препятствия и позволяла работать при пониженном давлении пара.

В процессе испытаний выявилась некоторая недостаточность числа наполнений. Сейчас водитель имеет небольшой выбор: одну рабочую степень наполнения, одну переходную для разгона и одну пусковую. Пожалуй, нужно было бы прибавить хотя бы

одну степень наполнения. Водителю приходится объяснять, чтобы он перешел на малое наполнение, как более экономичное. Водитель старается не переходить на малое наполнение потому, что машина начинает идти замедленно. При форсированном наполнении экономичность машины, конечно, снижается.

Последнее замечание, касающееся работы парового автомобиля в лесу с данным типом шасси. Встречаются затруднения при передвижении машины порожняком. Для этого нужен передний ведущий мост. Без наличия этого работать трудно.

КОРОТКОШКО Н.И.

Заключительное слово.

С большей частью замечаний руководителя эксплуатационных испытаний т. Шлыкова Ю.П. я согласен. Но хочу дать небольшую справку. Все-таки параметры пара НАМИ-012 и ППС-40 неодинаковы. Одинаковы по производительности котла и котловому давлению, но температура перегрева у ППС-40 всего 300°С, а у НАМИ-012 - 370-400°. То обстоятельство, что температура перегрева у НАМИ-012 выше, позволило получить более низкие расходы топлива, но высокое тепловое напряжение поставило нас перед большими неприятностями в отношении смазки цилиндров двигателя. Еще одно замечание из области смазки. Во-первых, машины неодинаковы по размерности и типу. Паровая машина ППС-40 горизонтальная, имеет два цилиндра, подачу смазки в верхнюю часть цилиндра, а паровой двигатель НАМИ-012 - 3-цилиндровый, вертикальный, имеющий смазку в пар. Смазка стенки цилиндра таким образом затруднена, а вместе с тем последняя дает большой выгрыш в отношении снижения температуры масла в цилиндре. Мы вынуждены подавать масло в пар и это приводит к неожиданностям. Может быть мы сделаем многоточную двухстороннюю смазку стенок цилиндра. Во всяком случае, следует признать наличие дефекта и вначале попытаться в пределах сложившейся конструкции исправить этот недостаток. Если же это не удастся, то перейдем на индивидуальную смазку отдельных цилиндров.

Теперь о необходимости наличия переднего ведущего моста. Мы с самого начала считали, что передний ведущий мост должен быть обязательно установлен на паровой автомобиль НАМИ-012. Более конструктивное решение, которое мы 3 года тому назад сделали в проекте, допускало эту возможность и сейчас в действительности допускает создание автомобиля с передним ведущим мостом.

Но паровые автомобили нельзя выпускать только с передним ведущим мостом, так как в этом случае он будет и дороже и тяжелее. Между тем, необходимость в переднем мосте будет встречаться не всегда. Поэтому на одном и том же шасси и на базе одной и той же паросиловой установки, путем внесенных изменений, могут быть получены паровые автомобили с передним ведущим мостом со значительным изменением шасси и паровые автомобили без переднего ведущего моста, но с большей степенью использования стандартного шасси. Автомобиль с

одной ведущей осью следует придавать большую значимость, хотя они и не пригодны для работы по целине, как армейские грузовые автомобили. Паровые автомобили в конечном счете будут приевзаны к постоянным дорожным направлениям, хотя бы потому, что им потребуется вода и топливо. Следовательно, они будут работать, главным образом, на наезженных дорогах и в этом случае надобность в переднем ведущем мосте будет незначительной.