

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет  
Институт механизации и технического сервиса**

## Направление «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

## Профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство»

## Кафедра «Эксплуатации и ремонта машин»

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

## на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

## 1. Тема: «Проект совершенствования организационно-технологических мероприятий по переоборудованию легковых автомобилей на сжиженный газ»

Шифр ВКР. 23.03.03.232.18

Студент 341 группы

Хайдаров М.М.

## подпись

Ф.И.О.

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент  
ученое звание

подпись

Валиев А.Р.  
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(протокол №\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Зав. кафедрой профессор  
ученое звание

Адигамов Н.Р.  
Ф.И.О.

Казань – 2018 г.

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**  
**Институт механизации и технического сервиса**  
**Кафедра «Эксплуатации и ремонта машин»**  
Направление «Эксплуатация транспортно-технологических машин и  
комплексов»  
Профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство»

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Н.Р. Адигамов/  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ  
на выпускную квалификационную работу**

Студенту: Хайдарову М.М.

Тема ВКР: «Проект совершенствования организационно-технологических мероприятий по переоборудованию легковых автомобилей на сжиженный газ»

утверждена приказом по вузу от «\_\_\_\_\_» 20\_\_ г. №\_\_\_\_\_

1. Срок сдачи студентом законченной ВКР: 1 июня 2018 г.

2. Исходные данные: материалы производственной эксплуатационной ремонтной практики, литература по теме ВКР, материалы, а также новые технические решения (А.С., патенты, статьи и др.).

3. Перечень подлежащих разработке вопросов

Состояние вопроса по теме проектирования

Технологическая часть

Выбор и обоснование газобаллонной установки

Экономическое обоснование перевода двигателя с бензина на газ

4. Перечень графических материалов

Графики внешней скоростной характеристики и тягово-динамической характеристики двигателя

План поста диагностирования

Технологический процесс установки газобаллонного оборудования

Схема газовой системы питания

Чертеж установки газового баллона, деталировка

Экономическая оценка

**5. Консультанты по ВКР**

Раздел (подраздел)	Консультант
Выбор и обоснование газобаллонной установки	
Экономическое обоснование перевода двигателя с бензина на газ	
Безопасность жизнедеятельности	
Охрана окружающей среды	

**6. Дата выдачи задания 15 февраля 2018 года**

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	<u>Состояние вопроса по теме проектирования</u>	20.03.2018 г.	
2	<u>Технологическая часть</u>	20.04.2018 г.	
3	<u>Разработка приспособления для подъема и опускания автомобилей</u>	20.05.2018 г.	

Студент \_\_\_\_\_ (Хайдаров М.М.)

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ (Валиев А.Р.)

## **Аннотация**

К выпускной квалификационной работе (ВКР) Хайдарова М.М на тему «Проект совершенствования организационно-технологических мероприятий по переоборудованию легковых автомобилей на сжиженный газ».

ВКР состоит из пояснительной записи на 74 листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А 1.

Пояснительная записка состоит из введения, 3 разделов. Включает 17 таблиц и 14 рисунков. Список использованной литературы содержит 14 наименований.

В первом разделе рассматривается история применения газообразного топлива на автомобильном транспорте, а также преимущество и недостатки сжатого природного газа (СПГ) и сжиженного нефтяного газа (СНГ) на автомобилях переоборудованных для работы на газе.

Во втором разделе приведен расчет основных показателей двигателя, работающего на СНГ, построены графики индикаторной диаграммы, внешней скоростной характеристики и тягово-динамической характеристики. Рассмотрены особенности обслуживания автомобиля работающего на сжиженном нефтяном газе, рассмотрена организация технического обслуживания и ремонта переоборудованного автомобиля.

В третьем разделе произведен выбор и обоснование газобаллонной установки, а также произведен выбор агрегатов и узлов газобаллонного оборудования и их поверочный расчет, рассмотрены технологический процесс установки газобаллонного оборудования на автомобиль, конструктивные изменения в автомобиле при переоборудовании его для работы на сжиженном нефтяном газе и испытания газовой системы питания автомобиля после переоборудования. Также рассчитана экономическая эффективность применения сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива. Приведено экономическое обоснование перевода двигателя с бензина на газ и выполнен расчет годовой экономии, а также рассчитан срок окупаемости затрат на данное оборудование.

## **Annotation**

To final qualification work (FQW) M.Haidarova on the theme "Project of improvement of organizational and technological measures for the conversion of cars into liquefied gas."

The FQW consists of an explanatory note on 74 sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of A 1 format.

The explanatory note consists of an introduction, 3 sections. Includes 17 tables and 14 drawings. The list of used literature contains 14 items.

The first section examines the history of the use of gaseous fuels in road transport, as well as the advantages and disadvantages of compressed natural gas (CNG) and liquefied petroleum gas (LPG) on vehicles converted for gas.

In the second section, the calculation of the main parameters of the engine operating on the LPG is given, the graphs of the indicator diagram, the external speed characteristic and the traction-dynamic characteristic are plotted. The specifics of servicing the car operating on liquefied petroleum gas are considered, and the organization of maintenance and repair of the converted car is considered.

In the third section, a choice and justification of the gas-cylinder unit was made, as well as a choice of aggregates and units of gas-cylinder equipment and their verification calculation, the technological process of installing gas-cylinder equipment for a car, design changes in the car when converting it for work on liquefied petroleum gas and testing the gas system supply the car after the conversion. The economic efficiency of using liquefied petroleum gas as a motor fuel is also calculated. The economic justification for the transfer of the engine from gasoline to gas is given and the annual savings are calculated, and the payback period for the costs of this equipment is calculated.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ	9
1.1 Общие сведения о газобаллонных автомобилях	9
1.2 Виды и свойства газообразных топлив, применяемых на автомобильном транспорте	10
1.3 Обзор существующих схем газобаллонных установок	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	22
2.1 Выбор и обоснование исходных величин для теплового расчёта	22
2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя	23
2.3 Построение тягово-динамических характеристик	26
2.4 Сравнение основных показателей проектируемого двигателя и двигателя прототипа	31
2.5 Участок ТО и ТР газового оборудования автомобилей	33
2.6 Технологический инструмент и оборудование для ТО и ТР газовой аппаратуры	35
2.7 Физическая культура на производстве	39
3 ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ	41
3.1 Подбор и расчёт приборов системы питания газобаллонного автомобиля	41
3.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочее место водителя	60
3.3 Требования по технике безопасности для слесаря по ремонту газобаллонной аппаратуры	62
3.4 Техника безопасности при хранении газобаллонного автомобиля	64
3.5 Мероприятия по охране окружающей среды	65
3.6 Экономическое обоснование применения сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива	66
3.7 Расчёт годовой экономии от перехода с использованием бензина в качестве моторного топлива на использование СНГ	67
ВЫВОДЫ	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74
СПЕЦИФИКАЦИИ	76

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт является основным потребителем жидкого топлива бензина и дизельного топлива, при сгорании которых выделяются вредные для человека и окружающей среды вещества - отработавшие газы. Постоянный рост числа автомобилей приводит как к неуклонному сокращению запасов сырья для производства топлива - нефти, так и к накоплению в окружающей среде вредных веществ, поступающих с отработавшими газами.

Расширить сырьевую базу автомобильных топлив и одновременно уменьшить вредное воздействие на экологию можно за счет использования так называемых нетрадиционных, или альтернативных, топлив. Наибольшее распространение на автомобильном транспорте получили газообразные углеводородные топлива, которые относятся к чистым в экологическом отношении моторным топливам. Стоимость газообразного топлива в два - три раза ниже стоимости бензина и дизельного топлива, а запасы его сырья превосходят нефтяные. Эти факторы обусловили применение газа на автотранспорте. Во многих странах на государственном уровне приняты экологические программы и законы по снижению вредного влияния отработавших газов автомобильного транспорта за счет использования газового топлива. Наибольших успехов в решении этих задач наряду с Россией достигли Италия, Австралия, Аргентина, Австрия, Швеция, Канада, Новая Зеландия, США и Япония.

Для работы на газообразных топливах транспортные средства переоборудуются в газобаллонные автомобили (ГБА). На базе серийных бензиновых и дизельных автомобилей выпускают ГБА и комплекты газового оборудования для установки на них.

Но перевод автомобилей на газообразные топлива требует выполнения дополнительных работ по установке газовой системы питания, включая газовые баллоны, ее техническому обслуживанию и ремонту. Применение

газа на автомобиле повышает требования пожарной безопасности при его эксплуатации.

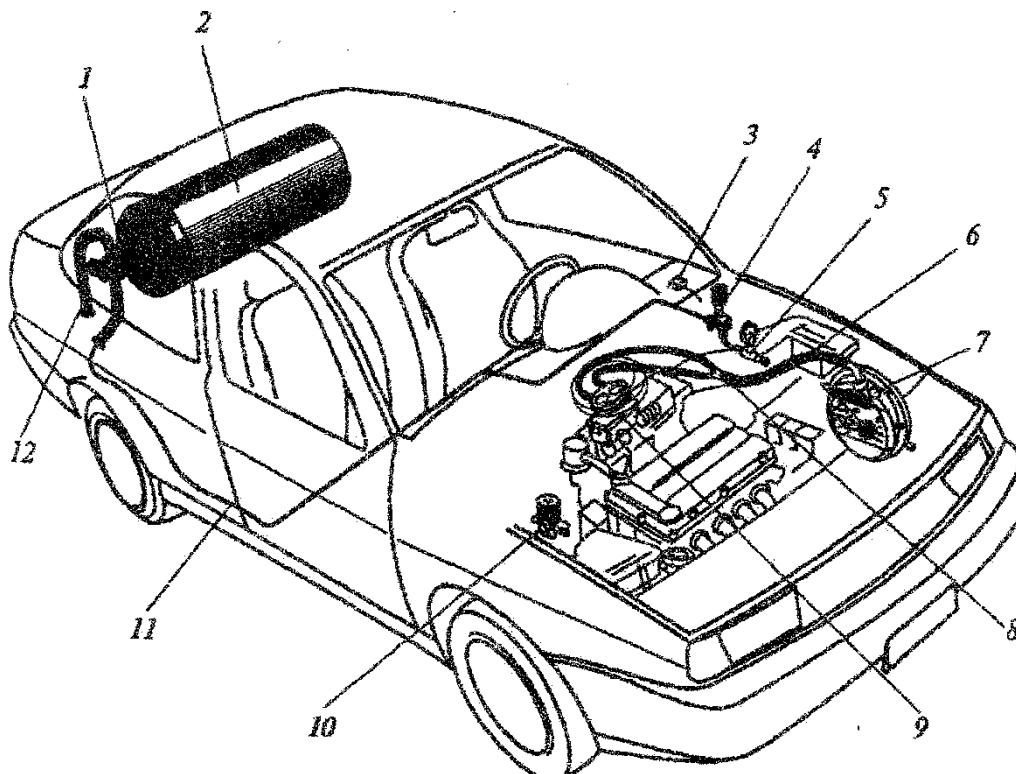
Замена нефтяного моторного топлива газом в нашей стране позволит высвободить только на автомобильном транспорте значительный объем бензина и дизельного топлива, продлить в полтора раза межремонтный пробег двигателей, сократить расход моторных масел, а также оздоровить воздушные бассейны городов.

# 1. ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

## 1.1 Общие сведения о газобаллонных автомобилях

Для обеспечения работы двигателей на газе на базовый автомобиль устанавливается дополнительное оборудование, позволяющее хранить и подавать в ДВС газообразное топливо.

Для повышения эффективности применения газообразного топлива, существенно отличающегося по свойствам от жидкого топлива, может изменяться конструкция двигателя и отдельных его систем (рисунок 1.1).



1 - запорная арматура; 2 - газовый баллон; 3 - переключатель вида топлив; 4 - газовый клапан; 5 - контрольный манометр; 6- патрубок подвода газа к смесителю; 7 - газовый редуктор; 8 - дозатор газа; 9 - газовый смеситель; 10 - бензиновый клапан; 11 - трубопровод; 12 - вентиляционный рукав.

Рисунок 1.1 – Основные агрегаты и узлы газобаллонного автомобиля

Баллон для хранения газообразного топлива 2 обычно располагается в свободном и доступном месте автомобиля. Из баллона газ поступает к двигателю через запорную арматуру 1 по трубопроводу 11.

Для включения подачи газа в кабине водителя имеется переключатель вида топлив 3 и: управляемые газовый 4 и бензиновый 10 клапаны. Снижение давления газа и управление его расходом выполняет редуктор 7. Для образования и подачи в двигатель топливовоздушной смеси устанавливают газовый смеситель 9.

В зависимости от вида применяемых газообразных топлив и типа двигателей автомобили производятся или переоборудуются в газобаллонные автомобили: однотопливные, двухтопливные с независимым питанием двигателя одним из топлив и двухтопливные с одновременной подачей двух топлив (газодизели). Наибольшее распространение нашли двухтопливные ГБА, так как вторая система питания (бензиновая или дизельная) всегда может быть включена для питания двигателя в случае выхода из строя газовой системы или невозможности заправки газом.

## **1.2 Виды и свойства газообразных топлив, применяемых на автомобильном транспорте**

Газообразные топлива являются альтернативным видом энергоносителей по отношению к традиционным жидким топливам, получаемым из нефти.

Физико-химические и эксплуатационные свойства газообразных топлив существенно отличаются от бензинов и дизельных топлив, что влияет на конструкцию газовых систем питания и их эксплуатацию. Техническое обслуживание и ремонт газового оборудования, переоборудование, хранение ГБА и их заправка, подготовка ремонтных рабочих имеют существенные особенности.

К газообразным углеводородным топливам, которые достаточно широко применяются в настоящее время и имеют перспективы расширения их использования, относятся:

- сжатый (компримированный) природный газ (СПГ) (метан);

- сжиженный нефтяной газ (СНГ) (пропанобутановая смесь).

Другие виды газообразных топлив - сжиженный природный газ (метан), биогаз (метан и другие составляющие), диметилэфир, водород - пока не нашли коммерческого применения.

Основными компонентами газообразных углеводородных топлив являются углеводородные газы - метан, пропан, бутан и ряд других. Эти газы могут храниться на автомобиле в сжиженном или газообразном агрегатном состоянии. Агрегатное состояние газа зависит от физико-химических свойств его компонентов, температуры и давления в баллоне. Основные физико-химические свойства компонентов газообразных углеводородных топлив, влияющих на конструкцию и эксплуатацию ГБА, и бензина представлены в таблице 1.2.

От агрегатного состояния компонентов газообразного топлива зависят способы заправки и его хранения, существенно влияющие на конструкцию и эксплуатацию ГБА.

Таблица 1.2 - Физико-химические свойства компонентов газообразных топлив и бензина, влияющих на конструкцию и эксплуатацию ГБА

Параметр	Компоненты				Бензин
	Метан	Этан	Пропан	Нормальный бутан	
Молекулярная формула	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-
Молекулярная масса, кг/моль	16	30	44	58	114,2
Плотность жидкой фазы при температуре кипения и, давлении 100 кПа, кг/м <sup>3</sup>	416	546	584	600	735
Плотность газовой фазы при нормальных условиях (15 <sup>0</sup> С, 760 мм рт. ст.), кг/м <sup>3</sup>	0,717	1,356	2,019	2,703	5,18
Относительная плотность газовой фазы (по воздуху)	0,554	1,048	1,562	2,091	3,78
Критическое Давление (абсолютное), МПа	4,58	4,88	4,20	3,60	-

Продолжение таблицы 1.2

Критическая температура кипения, °C	-82,0	32,3	96,8	152,9	-
Температура кипения при давлении 100 кПа, °C	-161,5	-88,5	-42,1	-0,5	35-205
Теплота сгорания (низшая) удельная, МДж/кг	49,7	47,1	45,9	45,4	43,9
Теплота сгорания (низшая) объемная, МДж/м <sup>3</sup>	33,8	59,9	85,6	111,6	213,1
Теоретически необходимое для сгорания топлива количество воздуха, кг/кг	17,2	16,8	15,8	15,6	14,9
Теплота сгорания горючей смеси при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,0$ , МЛж/м <sup>3</sup>	3,22	3,40	3,46	3,49	3,56
Теоретически необходимое для сгорания топлива количество воздуха, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	9,52	16,66	23,91	30,95	58,61
Температура воспламенения топлива в воздухе при атмосферном давлении, °C	680 ... 750	508 ... 605	510 ... 580	475 .. .550	470 ... 530
Пределы воспламенения объемные, %: нижний верхний	5,0 15,0	3,2 12,5	2,1 9,5	1,9 8,5	1,5 6,0
Октановое число (04) (по моторному методу)	110	108	105	94	80-90

При снижении давления метана в газовом редукторе высокого давления температура резко снижается (эффект Джоуля - Томпсона). Например, при снижении давления с 10,0 до 1,0 МПа падение температуры газа составит около 30 °C. Даже в летний период влага, содержащаяся в газе, может образовать кристаллы льда и стать препятствием при подаче газа в двигатель. Таким образом, важными мероприятиями для эксплуатации ГБА являются: очистка (осушение) газа от воды при заправке на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях; своевременная замена

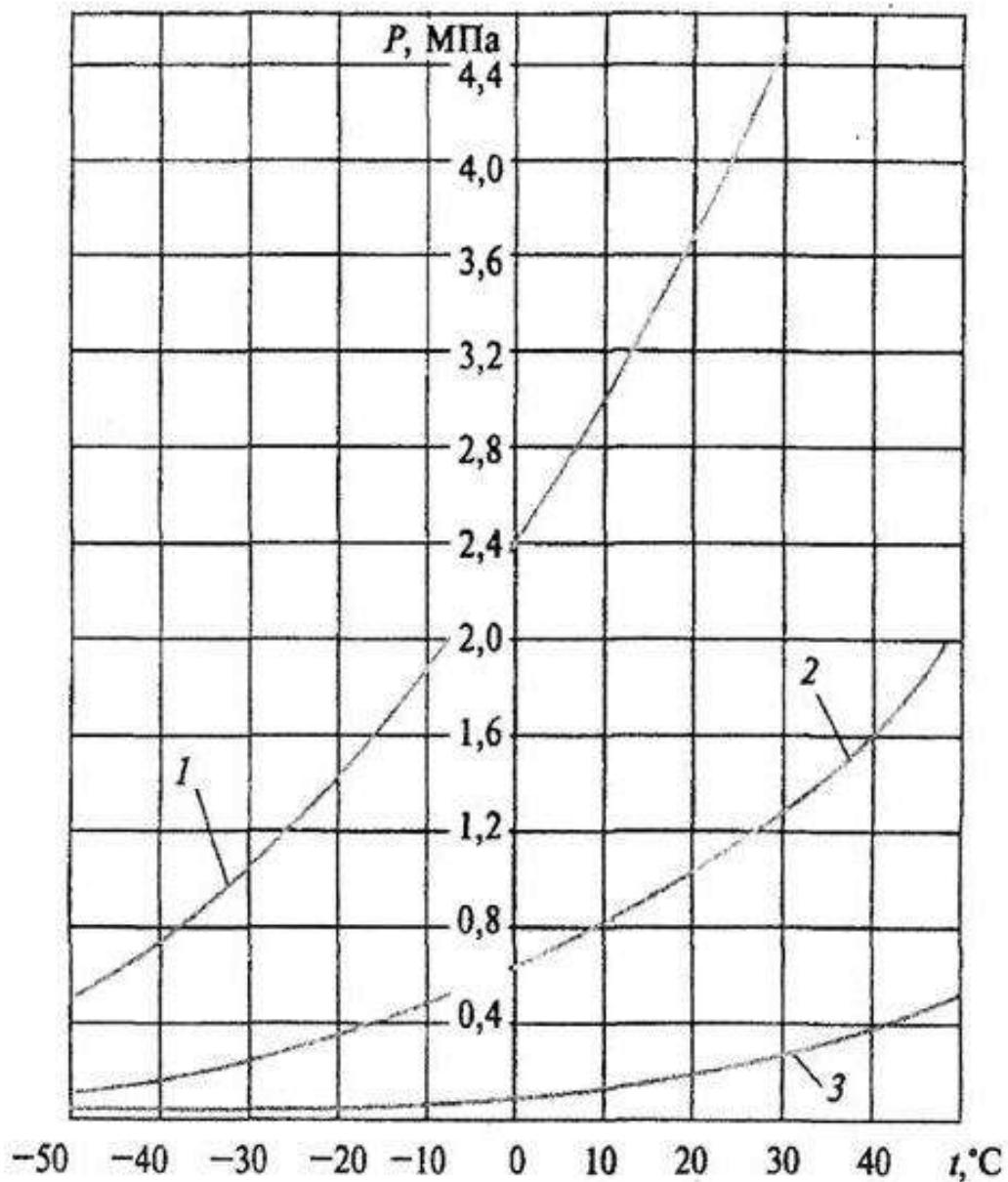
фильтров в системе питания автомобиля; эффективный подогрев газа перед снижением давления в редукторе, особенно в зимний период эксплуатации.

Пропан и бутан - основные компоненты СНГ - по сравнению с метаном имеют значительно более высокие температуры кипения при атмосферном давлении (-2,5 и -0,5<sup>0</sup>С соответственно) и критические температуры (+96,8 и +152,9<sup>0</sup>С соответственно). Такие свойства позволяют хранить пропан и бутан в сжиженном состоянии в диапазоне эксплуатационных температур от -40 до +45<sup>0</sup>С при относительно низком давлении (до 1,6 МПа). основными преимуществами газов, находящихся в сжиженном состоянии, по сравнению с компримированным газом являются: большая концентрация тепловой энергии в единице объема, значительно меньшее рабочее давление в баллонах и соответственно меньшие прочность и толщина стенок баллона и запорной арматуры, их меньшие масса и стоимость. Например, один 50-литровый баллон, заправленный СНГ, для автомобиля ВАЗ рассчитан на 500км пробега, а СПГ - только на 100км.

Давление насыщенных паров оказывает большое влияние на конструкцию и работу газобаллонного оборудования. По максимальному давлению газа рассчитывают прочность баллона. Газы поступают из баллона в редуцирующие устройства двигателя ГБА в отличие от бензина под действием избыточного давления в баллоне для преодоления сопротивления редуцирующего устройства. Это свойство особенно актуально при эксплуатации ГБА в условиях низких температур, когда компоненты СНГ переходят в жидкое состояние и, следовательно, их избыточное давление приближается к нулю.

Для метана доминирующим является давление заправки, которое по мере выработки газа из баллона уменьшается до предельного значения. Для сжиженных газов давление в значительной степени зависит не от количества газа в баллоне, а от температуры (рисунок 1.2). Так как каждый из компонентов имеет определенную температуру кипения, давление паровой фазы смеси сжиженных газов зависит как от температуры, так и от

компонентного состава. Давление смеси газов можно определить по значению составляющих (парциальных) давлений углеводородных газов, входящих в состав смеси, пропорционально концентрациям. Свойства сжиженных газов определяются по параметрам отдельных углеводородов, входящих в смесь.



1 – этан; 2 – пропан; 3 – нормальный бутан

Рисунок 1.2 – Зависимость давления газовой фазы от температуры основных компонентов СНГ

Компоненты СНГ в сжиженном виде имеют большой коэффициент объемного расширения, поэтому во избежание разрушения баллона запрещается заправлять его полностью. Для этого необходимо оставлять так называемую паровую «подушку» (фазу). Степень Заполнения (полезная емкость) автомобильных газовых баллонов должна быть в пределах 80 ... 85%. Арматура автомобильных газовых баллонов имеет специальное устройство, автоматически прекращающее заправку баллона при достижении предельного уровня топлива.

Основные компоненты СНГ - пропан, бутан и этан - имеют большие по сравнению с метаном показатели плотности и тяжелее воздуха (см. таблицу 1.2). Таким образом, они, скапливаясь в канавах и на полу рабочих зон автотранспортных предприятий, представляют большую опасность по сравнению с метаном. Метан благодаря низкой плотности почти в два раза легче воздуха и в случае утечки устремляется вверх в вентиляционные устройства.

На автомобильные газонаполнительные станции часто поступает газ зимней и летней марок по ГОСТ 20448-90 «Газы углеводородные сжиженные для коммунально-бытового и промышленного потребления. Технические условия». Этот ГОСТ имеет более широкие допуски на содержание компонентов, в том числе вредных с точки зрения воздействия на двигатель и топливную аппаратуру (например, серу и ее соединения, непредельные углеводороды и др.). По этим техническим условиям поступают СНГ двух марок: смесь пропанобутановая зимняя (СПБТЗ) и смесь пропанобутановая летняя (СПБТЛ), показатели которых представлены в таблице 1.3.

В ГСН, поставляемом для автомобильного транспорта, по техническим причинам может содержаться некоторое количество масла, поступающего из компрессоров и насосов. Примеси в СНГ масла, тяжелых остатков адсорбируются на резинотехнических изделиях газовой аппаратуры, что отрицательно сказывается на надежности ее работы [2].

Таблица 1.3 - Показатели СНГ

Показатель	СНГ	
	СПБТЗ	СПБТЛ
Компонентный состав по массе, %		
метан, этан, этилен, не более	4	6
пропан и пропилен, не менее	75	34
бутаны и бутилен, не более	20	60
Жидкий остаток, %, при температуре +20 °C, не	1	2
Давление насыщенных паров (избыточное), МПа, при температуре:		
45°C, не более	1,6	1,6
-20°C, не менее	0,16	-
Содержание сероводорода, %, не более	5	5
Содержание общей серы, %, не более	0,015	0,015
Запах должен ощущаться при содержании газа, %	0,5	0,4

Запасы и объемы добычи природного газа значительно превышают эти показатели сжиженного газа.

Основным компонентом компримированного природного газа является метан (до 95%). На АГНКС поступает СПГ в соответствии с ГОСТ 27577-2000, который определяет теплоту сгорания 31,8 МДж/м<sup>3</sup>, содержащие механических примесей не менее 1 мг/м<sup>3</sup> и паров воды не более 9 мг/м<sup>3</sup> и ряд других показателей.

### 1.3 Обзор существующих схем газобаллонных установок

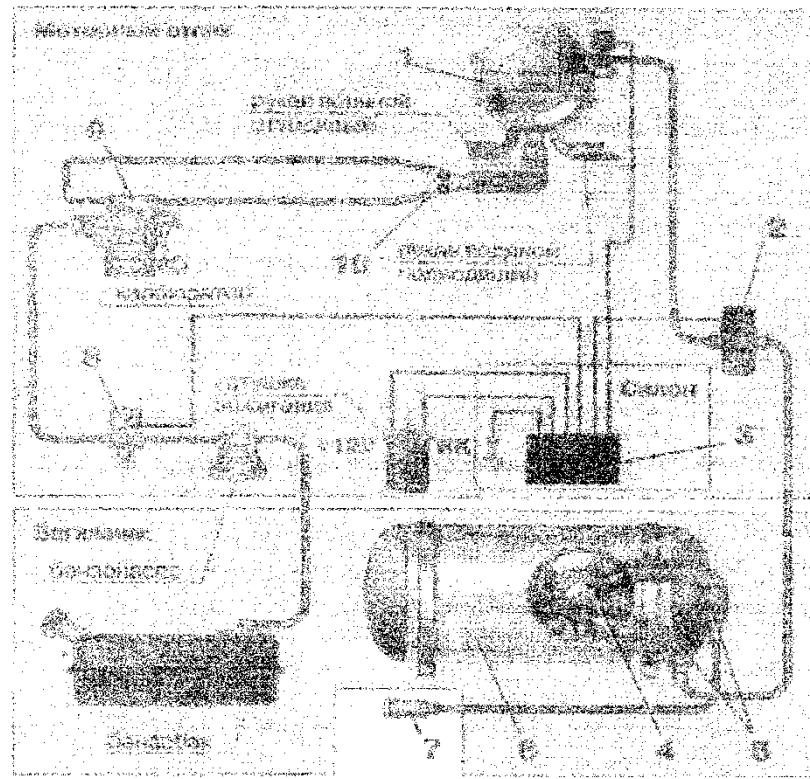
ЗАО «Автосистема» создало оригинальное газовое оборудование, названное по имени фирмы. Поставлено оно может быть в различной комплектации.

Типоразмер баллона	АГ50	АГ65	АГ103	АГ207	АГ274
Вместимость, баллона, л	50	60	103	207	274
Диаметр баллона, мм	299	299	377	490	575
Длина, мм	700	600	1072	1200	1210
Масса, кг	23	28	47	73	98

Принципиальная схема газовой установки приведена на рисунке 1.3. Сжиженный нефтяной газ хранится в газовом баллоне 6, рассчитанном на рабочее давление 1,6 МПа. Параметры газовых баллонов пяти модификаций приведены ниже.

Баллон заправляют газом через выносное заправочное устройство 7 с установленным в нем обратным клапаном, предотвращающим выброс газа из баллона. Блок 4 запорно-предохранительной арматуры включает в себя заправочный вентиль, предохранительный клапан, расходный вентиль жидкой фазы, устройство ограничения максимально допустимого уровня заправки газом. Система вентиляции состоит из прочного корпуса и прозрачной пластмассовой крышки, гибких вентиляционных шлангов и двух фланцев. При закрытой крышке система полностью исключает попадание газа в салон автомобиля при нарушении герметичности элементов блока арматуры. Блок арматуры с системой вентиляции крепится к фланцу, расположенному на обечайке баллона.

От блока арматуры газ поступает по газопроводу в подкапотное пространство к электромагнитному газовому клапану-фильтру 2 и затем по газопроводу к редуктору-испарителю 1. Из редуктора через тройник-дозатор 10 газ идет в смеситель 9. Для отключения подачи бензина при работе на газовом топливе между бензонасосом и карбюратором установлен электромагнитный бензиновый клапан 8. Для подогрева и испарения газа редуктор-испаритель подключен рукавами к системе охлаждения двигателя.



1 - редуктор-испаритель; 2 - электромагнитный газовый клапан с фильтром;  
3 - электронный блок управления; 4 - блок запорно-предохранительной арматуры;  
5 - патрубки системы вентиляции блока арматуры; 6 - баллон для сжиженного газа;  
7 - выносное заправочное устройство; 8 - электромагнитный бензиновый клапан;  
9-смеситель; 10-тройник-дозатор.

Рисунок 1.3 - Схема соединения и питания газовой аппаратуры «Автосистема»

#### **Схема газобаллонной установки фирмы НПФ «САГА»**

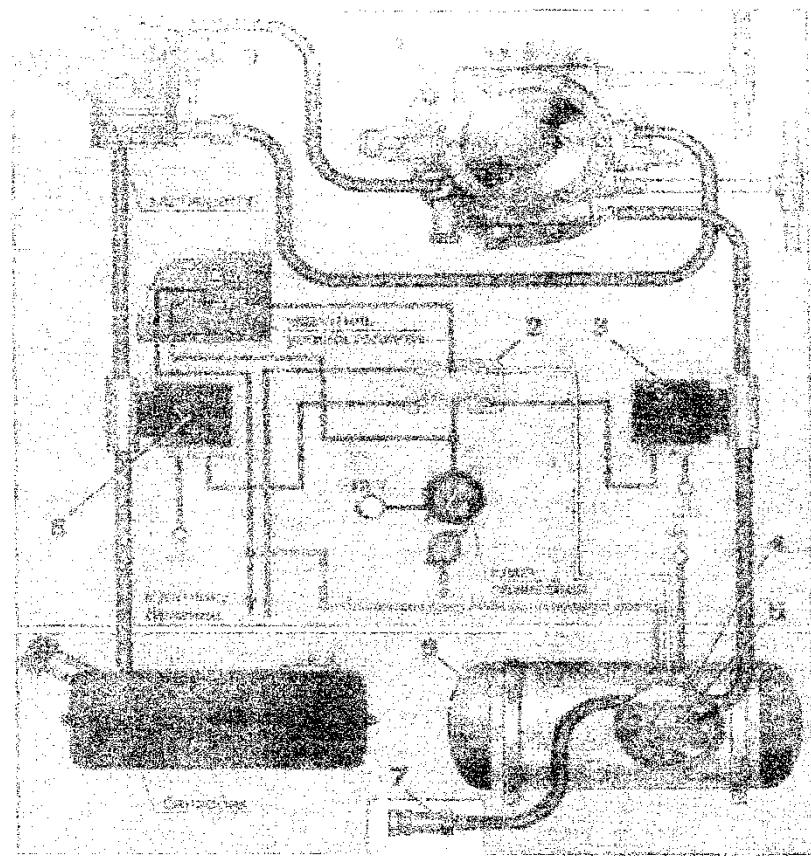
Эта система создана научно-производственной фирмой «САГА» совместно с Пермским агрегатным объединением «Инкар» с учетом жестких условий эксплуатации и недостатков газобаллонной аппаратуры других производителей.

По всем показателям технический уровень АГТС "САГА-6" соответствует международным требованиям ЕЭК ООН. Относительно же всех прочих систем, рассмотренных выше, "САГА-6" (рисунок 1.4) обладает целым рядом преимуществ. Конструктивные особенности этой системы, рассчитанной с учетом отечественных условий эксплуатации, и высокое качество изготовления на авиационном заводе АО "ИНКАР" в городе Перми обеспечивают безотказную работу аппаратуры и чистый воздух в салоне автомобиля. В комплект газовой аппаратуры входят:

- редуктор-испаритель 1, на котором все органы регулирования расположены на его корпусе в удобном для доступа месте;
- электромагнитные клапаны бензина 3 и газа 8, различающиеся между собой только конструкцией входного и выходного штуцеров; очистка, промывка и продувка сжатым воздухом фильтрующего элемента клапана газа производятся выворачиванием входного штуцера;
- переключатель вида топлива 2 - трехпозиционный (газ-О-бензин; при установке переключателя в среднее нейтральное положение обмотки электроклапанов обесточивается);

Автомобильная газовая топливная система "САГА-6" создана с учетом жестких условий эксплуатации и недостатков газобаллонной аппаратуры других производителей. АГТС "САГА-6" обеспечивает работу двигателя внутреннего сгорания на сжиженном нефтяном газе (пропан-бутане), устанавливается на легковые и грузовые автомобили, а также автобусы отечественного и иностранного производства. Конструктивные особенности АГТС "САГА-6" и качество изготовления на авиационном заводе обеспечивают безопасность, высокую надежность, простоту в эксплуатации и чистый воздух в салоне автомобиля.

Показатели технического уровня системы соответствуют международным требованиям ЕЭК ООН. Сертификат соответствия: РОСС RU.MT02.B00419 [3]



1 - двухступенчатый газовый редуктор-испаритель; 2 - переключатель вида топлива (газ-О-бензин); 3 - клапан отключения газа; 4 - газонепроницаемый кожух; 5 - блок арматуры; 6 - газовый баллон; 7 - выносная заправочная горловина; 8 - клапан отключения бензина; 9 - смеситель.

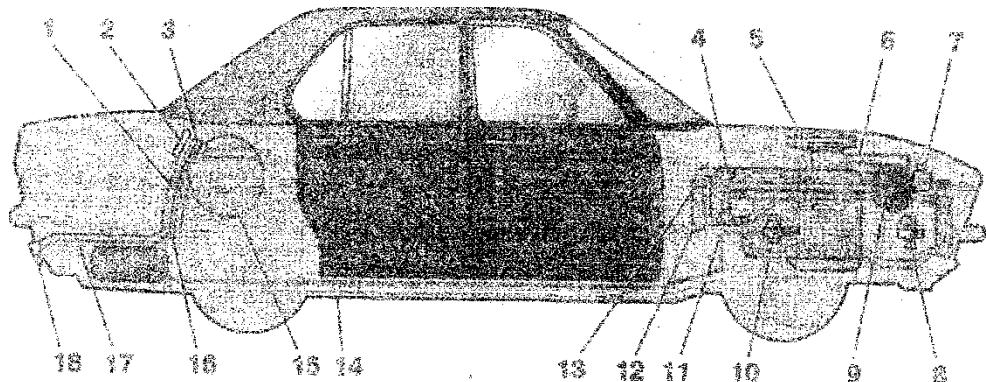
Рисунок 1.4-Схема газовой топливной системы «САГА-6».

### **Газовые установки Машиностроительного завода им. М.В. Хруничева**

На дорогах страны еще встречаются автомобили с газовыми установками POLIAUTO и VIALLE производства Машиностроительного завода им. М.В. Хруничева, но постепенно их число уменьшается.

На московском Машиностроительном заводе им. М.В. Хруничева устанавливали газобаллонную аппаратуру (рисунок 1.5) на автомобили моделей ВАЗ и АЗЛК по универсальной схеме питания двигателя газ и бензин. Дюралюминиевый баллон 15 длиной 793мм, наружным диаметром 308мм, толщиной стенки обечайки 5мм и собственной массой 10,5кг под рабочим давлением 1,6 МПа заполняют газом массой 25кг (40л), что соответствует 80% его полного объема. Заправочное устройство 18 с предохранительным клапаном вынесено за пределы багажника автомобиля с

помощью переходной трубы 17 диаметром 10мм. Запорно-контрольная и предохранительная арматура собрана в один компактный блок 3.



1 - гофрированные вентиляционные трубы; 2 - герметичная коробка; 3 - блок запорно-контрольной и предохранительной арматуры; 4, 11 - тройники; 5 карбюраторно-смесительная приставка; 6 - дозатор газа; 7 - блок управления; 8 - электромагнитный клапан газа; 9 - редуктор-испаритель; 10 - электромагнитный клапан бензина; 12 - радиатор-отопитель салона; 13 - кран перекрытия отопителя; 14 - трубопровод высокого давления; 15 - дюралюминиевый баллон; 16 - эжекторы; 17 переходная трубка; 18 - заправочное устройство.

Рисунок 1.5 - Схема установки газобаллонной аппаратуры производства Машиностроительного завода им. М. В. Хруничева.

Вывод:

Был проведен сравнительный анализ схем газовых систем питания и выбрана схема газовой системы питания «Автосистема», так как она обладает высокими эксплуатационными качествами, устойчивой работой двигателя на разных режимах работы, надежной и безопасной работой, что особенно важно при эксплуатации автомобиля. А также взаимозаменяемость основных агрегатов с аппаратурой других производителей, высокие эксплуатационные качества (устойчивый пуск холодного двигателя, простота обслуживания и ремонта), выполнение резинотехнических изделий из материалов нового поколения, практически не требующих замены 5-7 лет.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Выбор и обоснование исходных величин для теплового расчёта

#### 2.1.1 Элементарный состав топлива

В качестве топлива для разрабатываемого автомобиля принимаем СНГ марки ПБА (пропан-бутан автомобильный), компонентный состав которого согласно ГОСТ 27578-87 «Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта»:

- пропан ( $C_3H_8$ ) - 50%
- бутан ( $C_4H_8$ ) – 40%
- этан ( $C_2H_6$ ) – 10%

#### 2.1.2 Температура и давление окружающей среды

Принимаем:  $T_o = 293K$ ;

$P_o = 0,1MPa$

#### 2.1.3 Степень сжатия

Степень сжатия у бензинового двигателя ВАЗ-2107 равна 8,5.

#### 2.1.4 Коэффициент избытка воздуха $\alpha$ принимаем равным 0,95.

2.1.5 Повышение температуры заряда принимаем на основании того, что при дросселировании газа происходит уменьшение его давления и одновременное понижение температуры, вследствие чего нормальное поступление газа к двигателю становится невозможным. Поэтому необходимо, чтобы газ перед поступлением в двухступенчатый газовый редуктор низкого давления был подогрет (как правило, непосредственно в испарителе) на 30...40 °C. Поэтому принимаем  $\Delta T = 40 °C$ .

#### 2.1.6 Давление остаточных газов в конце выпуска

$$p_r = (1.1 \dots 1.25)p_o, \quad (2.1)$$

$$p_r = (1.1 \dots 1.25)0,1 = 0,11 \dots 0,125 MPa$$

Принимаем  $p_r = 0,12 MPa$

#### 2.1.7 Температура газов в конце выпуска

Для газовых двигателей  $T_r = 750 \dots 1000K$

Принимаем  $T_r = 900\text{K}$ .

2.1.8 Средний показатель политропы сжатия

$n_1 = 1.30 \dots 1.37$ , принимаем  $n_1 = 1.35$

2.1.9 Средний показатель политропы расширения

$n_2 = 1.23 \dots 1.3$ ,

Принимаем  $n_2 = 1.25$ .

2.1.10 Коэффициент использования теплоты

Для газового двигателя  $\epsilon_p = 0.85$

2.1.11 Коэффициент полноты индикаторной диаграммы  $\phi$  зависит от типа двигателя: для газового двигателя  $\phi = 0.95 \dots 0.97$

Принимаем  $\phi = 0.96$

## 2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя

Для оценки и анализа мощностных, экономических, динамических и эксплуатационных показателей ДВС при работе с полной нагрузкой на разных частотах вращения коленчатого вала используют внешнюю скоростную характеристику. Она определяет собой график изменения эффективной мощности  $N_e$ , кручущего момента  $M_e$ , часового  $G_t$  и удельного  $g_e$  расходов топлива от частоты вращения  $n$ .

Внешняя скоростная характеристика двигателя может быть с некоторым приближением построена по эмпирическим формулам Лейдермана [5]:

$$N_{ex} = N_{e\max} \frac{n}{n_N} \left( 1 + \frac{n}{n_N} - \frac{n^2}{n_N^2} \right), \quad (2.2)$$

$$g_{ex} = g_{eN} \left( 1,2 - \frac{n}{n_N} + 0,8 \frac{n^2}{n_N^2} \right), \quad (2.3)$$

где  $N_{e\max}$  - максимальная мощность двигателя, кВт, при частоте вращения коленчатого вала  $n_N = 5400 \text{ мин}^{-1}$ ;

при работе на бензине  $N_{e_{\max \delta}} = 58,8 \text{кВт}$ ;

при работе на газе мощность уменьшается в среднем на 17%,  
следовательно,  $N_{e_{\max \varepsilon}} = 48,4 \text{кВт}$

$N_e$  - расчётная мощность, кВт, при частоте вращения  $n$ ;

$g_{eN}$  - удельный расход топлива, г/(кВт\*ч), при  $N_{e_{\max}}$ ;

$g_e$  - удельный расход топлива, г/(кВт\*ч), при расчётной частоте вращения  $n$ ;

для бензина  $g_{eN} = 156$ ; для газа  $g_{eN} = 170$ ;

$G_T$  - часовой расход топлива, кг/ч;

$A, B, C, D, E$  – постоянный коэффициенты Лейдермана,  $A = 1,0; B = 1,0; C = 1,20$ ;

$D = 1,0; E = 0,80$  [5].

Внешнюю скоростную характеристику строим для частот вращения от 900

мин<sup>-1</sup> до 5400 мин<sup>-1</sup> с интервалом 600 мин<sup>-1</sup>.

Эффективный крутящий момент, Н<sup>м</sup>

$$M_{ex} = 9550 \frac{N_{ex}}{n_x}, \quad (2.4)$$

Часовой расход топлива, кг/ч

$$G_{T_x} = N_{ex} g_{ex} \cdot 10^{-3}, \quad (2.5)$$

Произведем расчёт внешней скоростной характеристики при работе на максимальной мощности двигателя.

Максимальная мощность двигателя, кВт,

при работе на бензине  $N_{e_{\max \delta}} = 58,8 \text{кВт}$ ;

при работе на газе  $N_{e_{\max \varepsilon}} = 48,4 \text{кВт}$

Определим эффективный крутящий момент двигателя, Н<sup>м</sup>;

При работе на бензине

$$M_{e\delta} = 9550 \frac{58,8}{5400} = 103,99,$$

При работе на газе

$$M_{e_e} = 9550 \frac{48,4}{5400} = 85,6 \text{.}$$

Определим удельный эффективный расход топлива, г/кВт\*ч;

При работе на бензине

$$g_e = 156 \left( 1,2 - \frac{5400}{5400} + 0,8 \frac{5400^2}{5400^2} \right) = 156;$$

При работе на газе

$$g_e = 170 \left( 1,2 - \frac{5400}{5400} + 0,8 \frac{5400^2}{5400^2} \right) = 170;$$

Определим часовой расход топлива, кг/ч

При работе на бензине

$$G_T = 58,8 \cdot 156 \cdot 10^{-3} = 9,17;$$

При работе на газе

$$G_T = 48,4 \cdot 170 \cdot 10^{-3} = 8,23.$$

Результаты подсчётов заносим в таблицу 2.1 на основании которой строим кривые внешней скоростной характеристики двигателя. Внешняя скоростная характеристика приведена на рисунке 2.1.

Таблица 2.1 - Расчёт внешней скоростной характеристики

Частота вращения, $n, \text{мин}^{-1}$	Эффективная мощность, $N_e, \text{кВт}$	Крутящий момент, $M_e, \text{Н*м}$	Удельный расход топлива, $g_e, \text{г/(\text{кВт*ч})}$	Часовой расход топлива, $G_T, \text{кг/ч}$
Базовый автомобиль, работающий на бензине				
900	11,16	118,4	164,7	1,84
1800	23,96	127,1	149,1	3,57
2700	36,75	129,9	140,4	5,16
3600	47,91	127,1	138,67	6,64
4500	55,8	118,4	143,9	8,03
5400	58,8	103,99	156	9,17

Проектируемый автомобиль, работающий на газе				
900	9,18	97,48	179,44	1,65
1800	19,7	104,6	162,44	3,2
2700	30,25	106,9	153	4,63
3600	39,44	104,6	151,1	5,96
4500	45,94	97,48	156,78	7,2
5400	48,4	85,6	170	8,23

### 2.3 Построение тягово-динамических характеристик

Основным документом, характеризующим тягово-динамические качества автомобиля, является тяговая характеристика, представляющая собой графическую зависимость свободного тягового усилия от скорости движения на различных передачах.

Для построения тяговой характеристики определяем на каждой передаче скорость движения  $V_a$  и свободную силу тяги  $P_a$  при соответствующих им частотах вращения вала двигателя  $n$ .

Расчёт будем вести для базового автомобиля работающего на бензине и проектируемого работающего на газе.

Определим скорость движения автомобиля, км/ч:[5]

$$V_d = 0,377 \frac{r \cdot n}{u_m}; \quad (2.6)$$

где  $r$  – статический радиус колеса, м,  $r = 0,29$ ;

$u_m$  – общее передаточное число трансмиссии.

$$u_m = u_1 \cdot u_{\Gamma, \Pi}; \quad (2.7)$$

где  $u_1$  – передаточное число первой передачи коробки передач,  $u_1 = 3,67$

$u_{\Gamma, \Pi}$  – передаточное число главной передачи,  $u_{\Gamma, \Pi} = 4,1$

$$u_m = 3,67 \cdot 4,1 = 15,047,$$

$$V_a = 0,377 \frac{0,29 \cdot 5400}{15,047} = 39,2 \text{ км/ч.}$$

Определим свободную силу тяги, Н [5]

$$P_a = P_k - P_w; \quad (2.8)$$

где  $P_k$  – касательная сила тяги на ведущих колёсах, Н;

$P_w$  – сила сопротивления воздушной среды, Н;

$$P_k = \frac{M_c (1 - \beta) u_m \eta}{r}; \quad (2.9)$$

$$P_w = \frac{a_w \cdot k \cdot F \cdot V_a^2}{13}; \quad (2.10)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий затраты мощности на привод вспомогательных агрегатов,  $\beta = 0,08$ ;

$a_w$  – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления воздуха автопоезда при наличие прицепа,  $a_w = 1$ ;

$k$  – коэффициент сопротивления воздуха,  $k = 0,3$ ;

$F$  – лобовая площадь машины,  $\text{м}^2$ ,  $F = 2$ .

Произведём расчёт для максимальной частоты вращения коленчатого вала при включенной первой передачи коробки передач. Определим касательную силу тяги на ведущих колесах, Н;

Базовый автомобиль:

$$P_k = \frac{103,99 \cdot (1 - 0,08) \cdot 15,047 \cdot 0,8}{0,29} = 3971,2 \text{ Н,}$$

Проектируемый автомобиль:

$$P_k = \frac{85,6 \cdot (1 - 0,08) \cdot 15,047 \cdot 0,8}{0,29} = 3268,9 \text{ Н.}$$

Так как скорость движения автомобиля на данной передаче не меньше 25 км/ч, то силу сопротивления воздушной среды  $P_w$  учитываем. Отсюда свободная сила тяги, Н:

Базовый автомобиль:

$$P_a = 3971,2 - 70,9 = 3900,3 \text{ Н,}$$

Проектируемый автомобиль:

$$P_a = 3268,9 - 70,9 = 3198H.$$

При сравнительном анализе удобно пользоваться динамической характеристикой, представляющей собой зависимость динамического фактора от скорости движения  $D = f(V_a)$ .

Динамический фактор характеризует удельную свободную силу тяги, которую развивает машина на различных передачах

$$D = \frac{P_a}{G_{an}}; \quad (2.11)$$

где  $G_{an}$  – полная масса автомобиля, Н;

Базовый автомобиль  $G_{an} = 14028$

Проектируемый автомобиль  $G_{an} = 15128$

При движении автомобиля на первой передаче при максимальной частоте вращения двигателя  $n=5400$  мин<sup>-1</sup> динамический фактор равен:

Базовый автомобиль

$$D = \frac{3900,3}{14028} = 0,278,$$

Проектируемый автомобиль

$$D = \frac{3198}{15128} = 0,211.$$

Определим ограничение силы тяги по сцеплению  $P_{сц}$  [5]

$$P_{сц} = G_c \cdot \varphi; \quad (2.12)$$

где  $G_c$  – вес автомобиля, приходящийся на задние ведущие колёса, Н;

для базового автомобиля  $G_c = 7593$ ;

для проектируемого автомобиля  $G_c = 8693$ ;

$\varphi$  – коэффициент сцепления,  $\varphi = 0,7$

Базовый автомобиль

$$P_{сц} = 7593 \cdot 0,7 = 5315,1H,$$

Проектируемый автомобиль

$$P_{сц} = 8693 \cdot 0,7 = 6085,1H.$$

Определим сопротивление движению, Н

$$P_{\psi} = G_a \cdot \psi; \quad (2.13)$$

где  $\psi$  – коэффициент дорожного сопротивления,  $\psi = 0,02$

$G_a$  – полный вес автомобиля; Н,

базовый автомобиль  $G_a = 14028$

проектируемый автомобиль  $G_a = 15128$

Базовый автомобиль:

$$P_{\psi} = 14028 \cdot 0,02 = 280,6,$$

Проектируемый автомобиль:

$$P_{\psi} = 15128 \cdot 0,02 = 302,6.$$

Остальные расчёты тягово-динамических качеств ведём аналогично и результаты сводим в таблицу 2.2

Таблица 2.2 - Результаты тягово-динамической характеристики

Частота вращения, об/мин	Скорость, км/ч		Сила тяги, Н		Динамический Фактор	
	Автомобиль		Автомобиль		Автомобиль	
	Проектируемый	Базовый	Базовый	Проектируемый	Базовый	Проектируемый
Первая передача						
900	6,54	6,54	4520,7	3720,8	0,322	0,246
1800	13,07	13,07	4845,7	3987,3	0,345	0,264
2700	19,6	19,6	4946,2	4068,2	0,353	0,269
3600	26,16	26,16	4822,1	3963,6	0,344	0,262
4500	32,7	32,7	4473,4	3673,4	0,319	0,246
5400	39,2	39,2	3900,1	3197,7	0,278	0,211
Вторая передача						
900	11,43	11,43	2581,9	2124,2	0,184	0,14
1800	22,86	22,86	2753,2	2261,95	0,196	0,149
2700	34,28	34,28	2786,2	2283,8	0,199	0,151
3600	45,7	45,7	2680,8	2189,6	0,191	0,145
4500	57,1	57,1	2437,2	1979,5	0,174	0,131
5400	68,57	68,57	2055,3	1653,4	0,147	0,11

продолжение таблицы - 2.2

Третья передача						
900	17,65	17,65	1661,6	1365,2	0,118	0,09
1800	35,29	35,29	1741,1	1423,01	0,124	0,094
2700	52,94	52,94	1710,1	1384,8	0,122	0,092
3600	70,59	70,59	1568,7	1250,5	0,112	0,083
4500	88,23	88,23	1316,7	1020,2	0,094	0,067
5400	105,88	105,88	954,2	693,9	0,068	0,046
Четвёртая передача						
900	23,99	23,99	1205,8	987,8	0,086	0,065
1800	47,99	47,99	1216,2	982,3	0,087	0,064
2700	71,99	71,99	1113,3	874,1	0,079	0,058
3600	95,99	95,99	897,2	663,1	0,064	0,044
4500	119,99	119,99	567,8	349,8	0,041	0,023
5400	143,99	143,99	125,1	-66,3	0,009	-0,004
Пятая передача						
900	29,27	29,27	970,98	792,3	0,069	0,0524
1800	58,53	58,53	926,32	734,5	0,066	0,0486
2700	87,8	87,8	753,3	557,1	0,0537	0,0368
3600	117,1	117,1	451,9	260,1	0,0322	0,0172
4500	146,3	146,3	22,16	-156,57	0,00158	-0,0104
5400	175,6	175,6	-535,9	-535,9	-0,038	-0,0354

По результатам расчётов строим тягово-динамическую характеристику, приведённую на рисунке 2.1

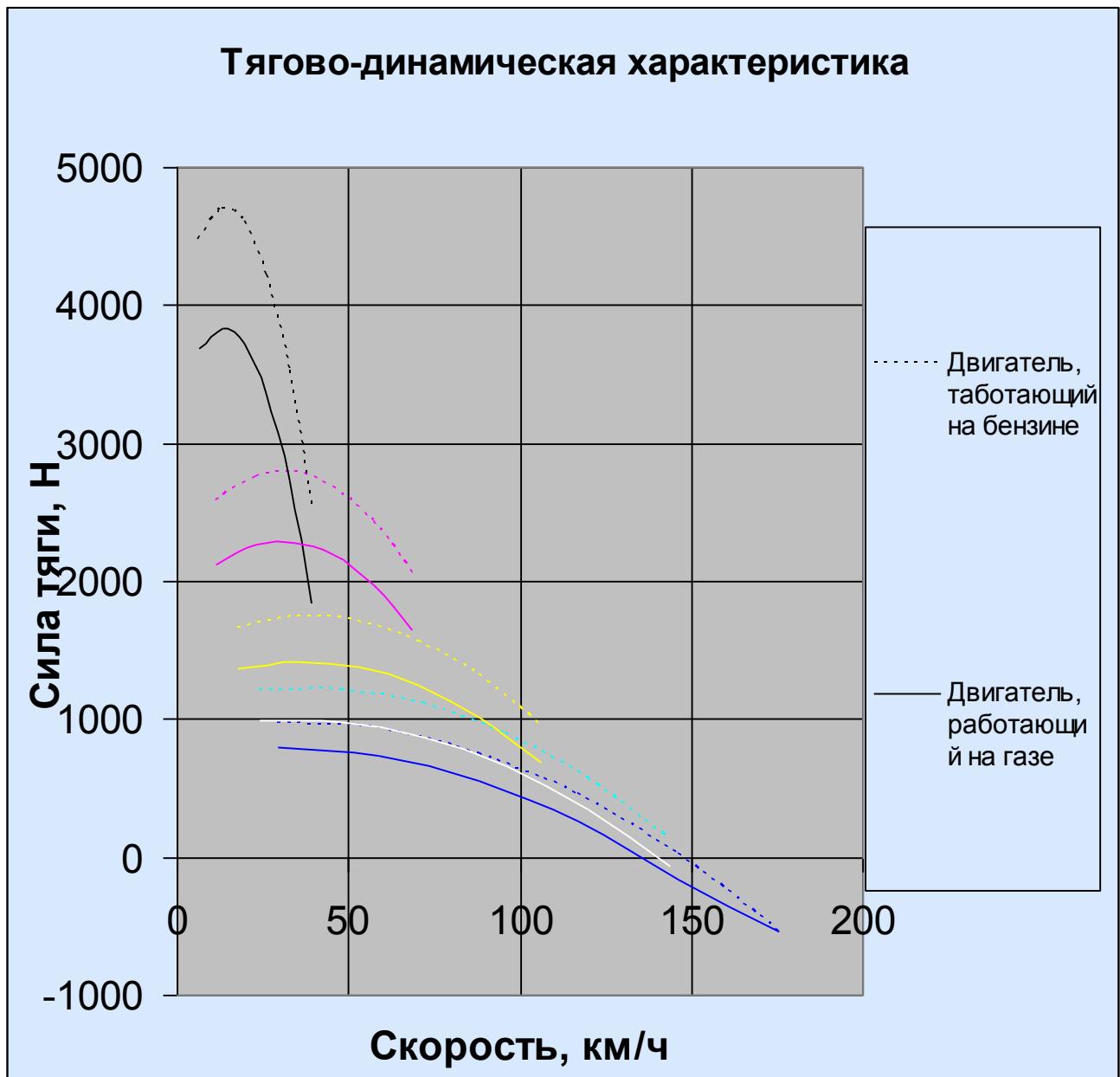


Рисунок 2.1 - Тягово-динамическая характеристика автомобиля ВАЗ-21074

#### 2.4 Сравнение основных показателей проектируемого двигателя и двигателя прототипа

По результатам теплового расчёта и данных внешней скоростной характеристики составляем сравнительную таблицу (таблица 2.3) основных показателей рассчитываемого двигателя и прототипа.

Таблица 2.3 - Основные показатели двигателя, работающего на СНГ и двигателя прототипа.

Показатели	Обозначение показателя	Двигатель прототипа	Проектируемый двигатель
Диаметр цилиндра, мм	D	79	79
Ход поршня, мм	S	80	80
Отношение S/D	-	1.01	1.01
Число цилиндров	i	4	4
Рабочий объем, л	iV <sub>h</sub>	1.57	1.57
Максимальная мощность, кВт	N <sub>e max</sub>	58.8	48.4
Частота вращения при N <sub>e max</sub> , мин <sup>-1</sup>	n <sub>N</sub>	5400	5400
Максимальный крутящий момент, н*м	M <sub>e max</sub>	107	130
Частота вращения коленчатого вала При M <sub>e max</sub> , мин <sup>-1</sup>	n <sub>M</sub>	3000	3000
Степень сжатия	ε	8.5	8.5

Произведя анализ внешней скоростной и тягово-динамической характеристики можно сделать выводы:

- 1) У проектируемого автомобиля работающего на газе несколько ниже мощность и крутящий момент по сравнению с базовым автомобилем, работающим на бензине, но это можно компенсировать установкой угла опережения зажигания на 3...6° раньше номинального. Увеличивается расход топлива.
- 2) Тягово-динамические качества у проектируемого автомобиля при установке на него газобаллонного оборудования остаются практически такими же, что у карбюраторного;
- 3) У газобаллонного автомобиля увеличивается срок службы моторного масла в 1.5...2 раза, его расход снижается на 10...15%, что благоприятно влияет на работу двигателя, в результате чего возрастает его моторесурс.
- 4) Меньшая стоимость газового топлива по сравнению с бензином значительно снижает эксплуатационные расходы на содержание автомобиля.

## **2.5 Участок ТО и ТР газового оборудования автомобилей**

Опыт переоборудования и эксплуатации газобаллонных автомобилей в крупных автотранспортных предприятиях и автобусных парках показывает, что целесообразно объединить посты ТО, диагностики и участок по ремонту газовой аппаратуры в комплекс.

На рисунке 2.2 представлен вариант такого комплекса. Помещения комплекса должны быть изолированы от других помещений и постов зоны ТР перегородками из несгораемых материалов. В зоне расположена канава тупикового типа.

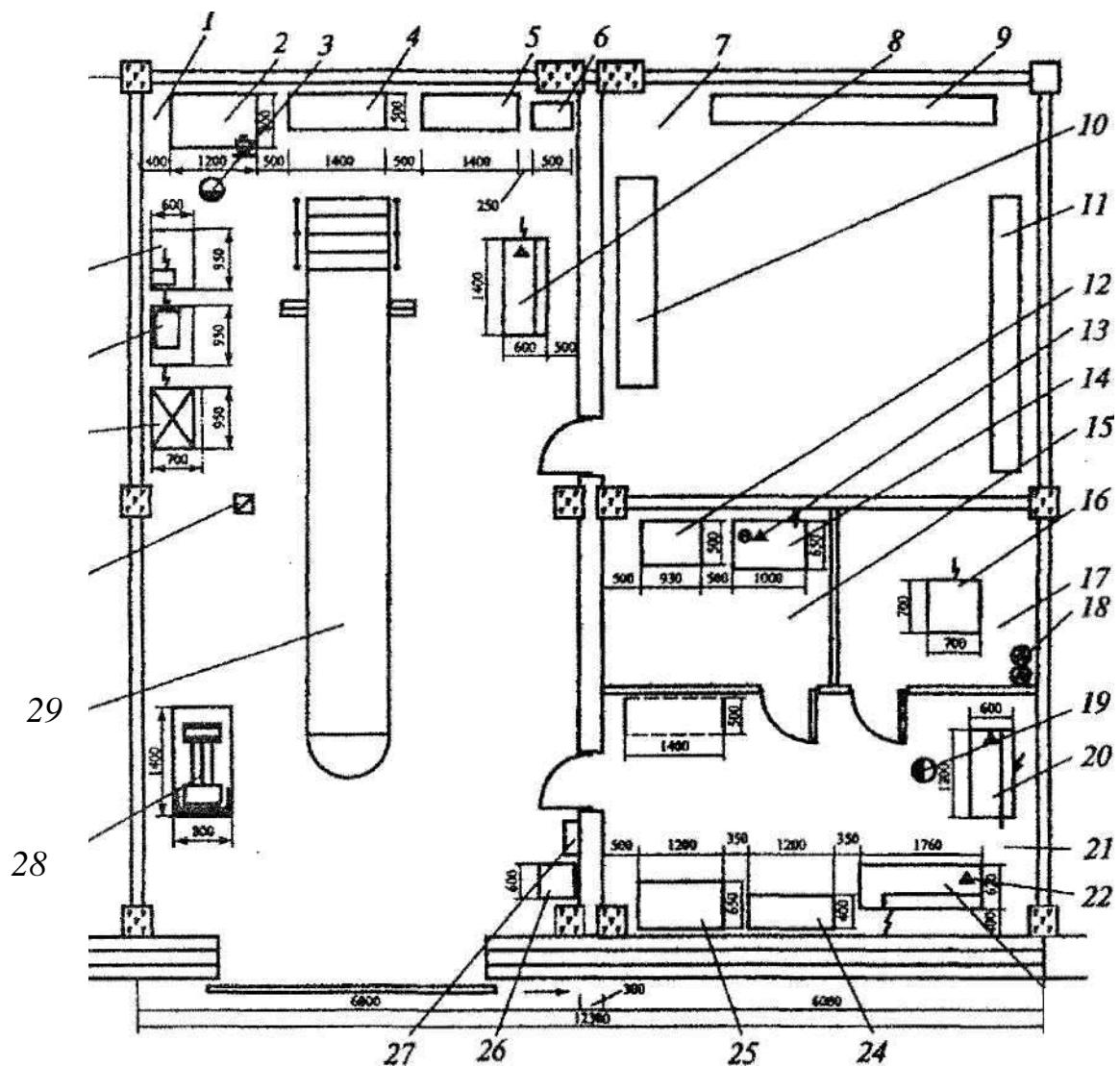
Образованная таким образом зона позволяет на постах выполнять различные работы по ТО и диагностированию и разборочно-сборочные работы текущего ремонта ГБО, выполнять монтаж и демонтаж баллонов для их переосвидетельствования, а также работы по переоборудованию.

На посту может быть расположено необходимое для выполнения контрольно-регулировочных работ оборудование: газоанализатор, дымомер, устройство для отсоса выхлопных газов, подкатные и переносные диагностические стенды для регулировки газового оборудования.

На расположенном в смежном помещении участке выполняются работы по ремонту газового оборудования.

Имеется помещение для хранения комплектов ГБО.

В конкретных условиях автопредприятий планировочные решения могут иметь различные варианты.



1 - помещение для переоборудования и демонтажно-монтажных работ; 2 и 20 - верстаки слесарные; 3 и 19 - рабочие места; 4 и 5 - стеллажи для деталей; 6 - ларь для мусора; 7 - помещение склада ГБО; 8 - стенд для диагностики ГБО; 9, 10, 11 и 12 -стеллажи; 13 и 22 - подвод сжатого воздуха; 14 - моечная установка; 15 -вспомогательное помещение; 16 - компрессор (20 МПа); 17 - 'помещение для компрессора; 18 - баллоны со сжатым воздухом; 21 - помещение для ремонта ГТА; 23 - стенд для проверки ГТА; 24 - шкаф инструментальный; 25 - станок универсальный для механической обработки; 26- ящик для песка; 27 - шкаф с огнетушителями; 28 - тележка для баллонов; 29 - канава для монтажа и осмотра ГБО; 30 - местный отсос; 31 - вентиляционная установка; 32 - подставка для оборудования; 33 -мотор-тестор

**Рисунок 2.2 - Пример планировки участка для переоборудования автомобилей, технического обслуживания и ремонта газового оборудования**

## 2.6 Технологический инструмент и оборудование для ТО и ТР газовой аппаратуры

Для проведения работ по переоборудованию, техническому обслуживанию и текущему ремонту газобаллонного оборудования используют различное технологическое оборудование и специализированный инструмент. Выпускаются стационарные, передвижные и переносные стенды. Основные характеристики наиболее распространенных стендов представлены в таблице 2.4. Стенды позволяют выполнить работы по контролю агрегатов и узлов ГБО при рабочем давлении на сжатом воздухе.

Для крупных предприятий с большим объемом работ по обслуживанию, выполняющих все виды ремонтных работ, рекомендуются стенды ИС-001, К-278 и установка К-277. Эти стенды позволяют выполнять проверку и регулировку газовых аппаратов: редуктора высокого давления, редуктора низкого давления, наполнительного и расходного вентиляй, электромагнитных газовых клапанов.

В автопредприятиях часто используются стенд Новгородского завода «Авто-спецоборудование» К-277 (рисунок 2.3) и установка К-278 (рисунок 2.4). Эти установки сходны по функциям и конструкции и позволяют проводить работы с оборудованием, работающим при высоком давлении (до 20 МПа). Установка К-277 выполнена в передвижном исполнении и в отличие от К-278 не имеет в комплекте компрессора высокого давления.

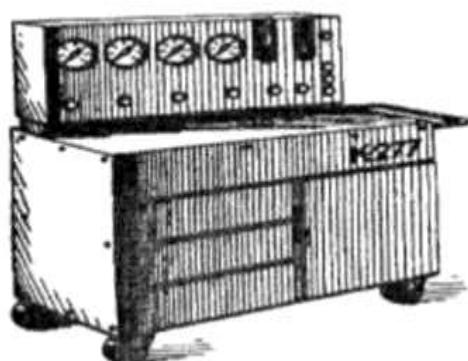


Рисунок 2.3 – Передвижная установка для проверки газовой аппаратуры автомобилей (модель К-277)

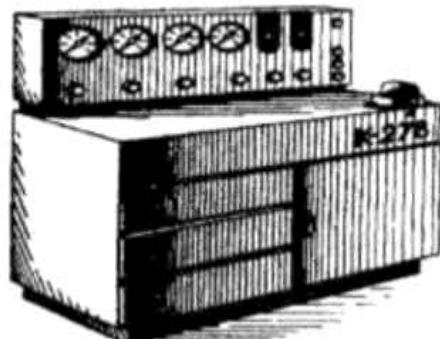


Рисунок 2.4 – Стенд для проверки аппаратуры ГБА (модель К-278)

В настоящее время ЗАО «Автосистема» освоен серийный выпуск стендов: ИС-001, ИС-002, ИС-0037, ИС-004. Базовый стенд ИС-001 имеет более широкие функциональные возможности по сравнению со стендом К-278 и установкой К-277. Он предназначен для контроля и регулировки агрегатов газовой аппаратуры, снятых с автомобиля. Стенд позволяет проводить наряду с измерением давления и разрежения измерение расхода воздуха, протекающего через РВД, РНД, газовые клапаны. Управление подачей и измерением давления осуществляется с помощью электромагнитных клапанов, что существенно облегчает и сокращает время выполнения работ.

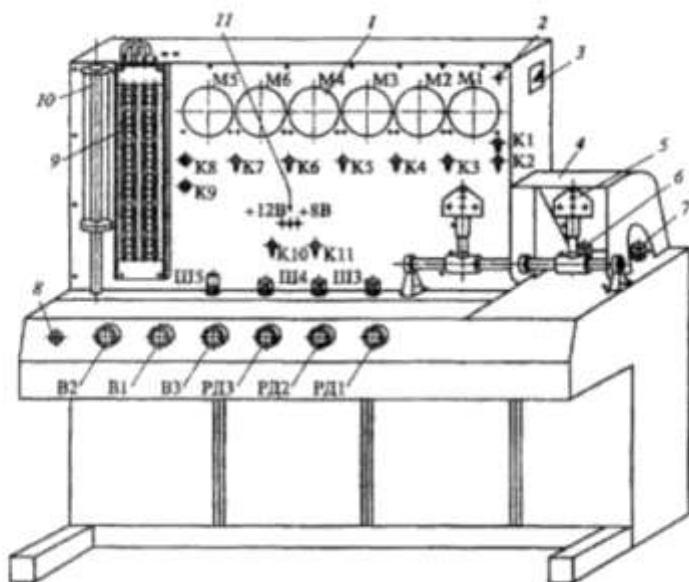
Таблица 2.4-Сравнительные характеристики стендов для диагностики газовой аппаратуры автомобилей

Характеристики стендов	Модель стендов			
	К-277	К-278	«Сага»	ИС-001
	Тип стендов			
	Передвижной	Стационарный	Переносной	Стационарный
Проверяемые параметры	Давление в ступенях и рабочих камерах, разряжение		Давление в ступенях и рабочих камерах, разряжение, расход газа	
Проверяемое газовое оборудование	Редуктор высокого и низкого давления, вентили, клапана		РНД, клапана	Редуктор высокого и низкого давления, вентили, клапана
Диапазон рабочего давления, МПа	0...20,0	0...20,0	0...1,6	0...20,0
Источник высокого давления	Электрокомпрессор КР-2		-	Воздушная смесь высокого давления или компрессорная станция типа МАГН КС-7,2
Источник разряжения	Вакуумный насос 2НВР-5Д		Вакуумный цилиндр	Вакуумный насос АП-1000

продолжение таблицы 2.4

Напряжение источника электропитания, В	220	220	-	220
Габаритные размеры, мм	143-620-1580	1200-620-1335	220-90-195	1760-620-1530
Масса стенда, кг	180	190	20	200
Изготовитель	Новгородский завод «Автоспейоборудование»	НПФ «Сага»	ЗАО «Автосистема-НАМИ»	

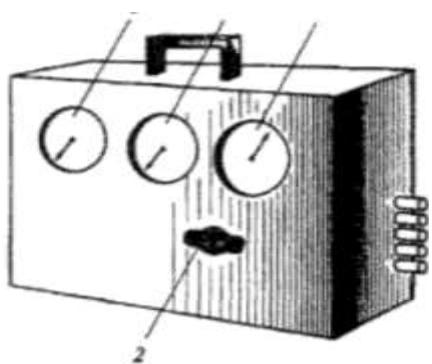
Стенд ИС-001 (рисунок 2.5) выполнен в форме стола и оборудован стойкой приборов. Контрольные приборы, вентили настройки и управления подачей сжатого воздуха и вакуума располагаются на передней части стойки. В комплект поста входят: пульт управления с измерительными приборами; монтажный стол; агрегат воздуховсасывающий для создания статического и динамического (рабочего) разрежения; подводящие и распределительные трубопроводы и арматура; электрооборудование. Установка может по заказу комплектоваться компрессором высокого давления.



M1...M6 – манометры; K1...K10 – выключатели; III3...III6 – выводы для подключения приборов к пневматическим магистралям стенда; B1...B3, РД1...РД3 – вентили регулировки давления РВД; 1 – манометры; 2 и 8 – контрольные лампы; 3 – выключатели питания; 4 – защитный колпак; 5 – кронштейн для крепления агрегатов; 6 и 7 – выводы для подключения высокого давления III1 и III2; 9 – пьезометр; 10 – ротаметр; 11 – выводы для подключения источника постоянного тока

Рисунок 2.5 – Стенд ИС-001

НПФ «САГА» освоен серийный выпуск малогабаритных переносных стендов (рисунок 2.6). Они служат для выполнения работ по проверке и регулировке оборудования, работающего только на давлении до 1,6 МПа, т.е. в основном на ГСН. Вместе с тем этот стенд может использоваться как вспомогательный прибор для работ с газобаллонным оборудованием КПГ (для проверки приборов в линии низкого давления).



1 и 3 - манометры; 2 – вентиль;  
4 – вакуумметр  
Рисунок 2.6 – Стенд «Сага»

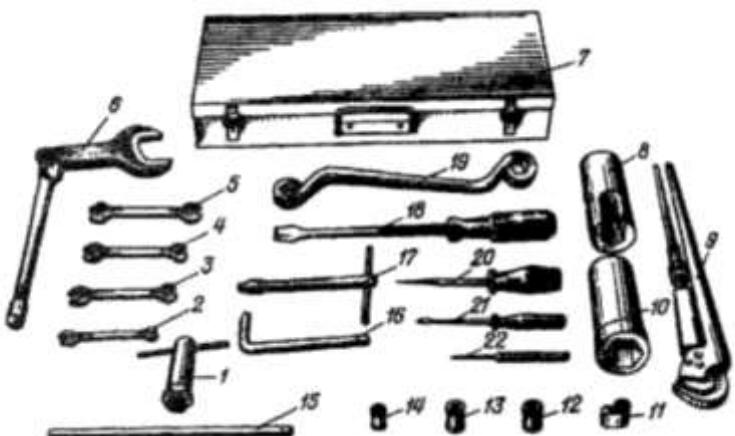


Рисунок 2.7 – Комплект  
инструментов модели И-139

Стенд выполнен в форме чемодана и может легко переноситься. На передней панели корпуса расположены два манометра и вакуумметр. В корпусе расположен вентиль для подачи к редуктору рабочего давления 1,6 МПа. На боковой панели расположены выводы для подключения проверяемого агрегата или узла и подсоединения ресиверов. Манометры и вакуумметр объединены трубопроводами в пневматическую схему. В комплект стендада входит ручной вакуумный насос.

Для выполнения разборочно-сборочных работ текущего ремонта агрегатов и узлов ГБО предназначены специализированные посты Р-988 и Р-989 Новгородского завода «Автоспецоборудование». Посты предназначены для специализированных участков АТП и станций технического обслуживания.

Пост состоит из верстака, на плоскости стола которого крепятся тиски, лампа, стойка для запасных частей и приспособление для разборки агрегатов и узлов. В верстаке расположены ящики.

Для выполнения работ ТО и текущего ремонта предназначены комплекты инструмента И-139 (рисунок 2.7) и И-149, выпускаемые Казанским заводом «Авто-спецоборудование». В него входят специальный омедненный инструмент и различные оправки. Комплекты предназначены для выполнения монтажно демонтажных и регулировочных работ при техническом обслуживании и ремонте аппаратуры системы питания автомобилей, работающих на КПГ в условиях АТП. Тележка для обслуживания баллонов может быть изготовлена самостоятельно. Тележка предназначена для транспортировки газовых баллонов к месту их складирования или установки.

## **2.7 Физическая культура на производстве**

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Поэтому выпускник Казанского ГАУ, освоивший программы бакалавриата, должен обладать способностью использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

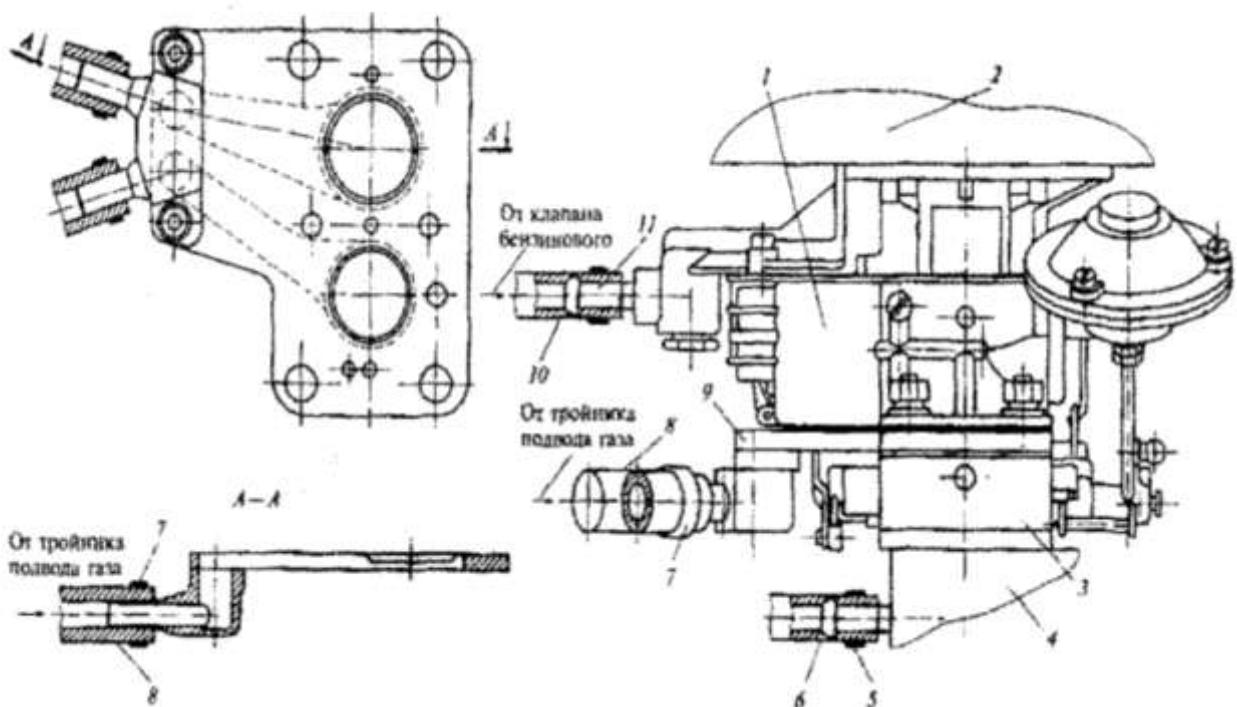
### 3. ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Подбор и расчёт приборов системы питания газобаллонного автомобиля

##### 3.1.1 Выбор смесителя

Установка смесительных устройств на штатных бензиновых карбюраторах, позволяет значительно снизить стоимость переоборудования. Этот способ подачи газа нашел наибольшее распространение как наиболее доступный, простой и дешевый.

На рисунке 3.1 представлен смеситель ЗАО «Автосистема».



1 - средняя часть корпуса карбюратора; 2 - воздушный фильтр; 3 - нижняя часть карбюратора; 4 - впускной коллектор; 5, 7 и 11 хомуты; 6 - патрубок подвода теплоносителя; 8 - патрубок подвода газа; 9 - проставка-смеситель; 10 - штуцер подвода бензина

Рисунок 3.1 - Газовый смеситель - проставка ЗАО «Автосистема»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 230303.232.18		
Разраб.		Хайдаров М.М.					
Провер.		Валиев А.Р.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Утвержд.		Адигамов Н.Р.			Выбор и обоснование газобаллонной установки		КазГАУ каф.ЭиРМ 41

Проставка 9 устанавливается между средней 1 и нижней 3 частью карбюратора. Для этого необходимо демонтировать карбюратор с впускного коллектора 4 и разобрать его. Проставка 9 устанавливается на место теплоизоляционной проставки. Газ поступает на входные штуцера насадки и по внутренним каналам к отверстиям, расположенным по кольцевому периметру внутренних отверстий насадки.

### 3.1.2 Расчёт смесителя.

Определяем расход горючей смеси проходящей через смеситель,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$$G_{CM} = 0.03 \cdot \eta_v \cdot V_b \cdot n_e, \quad (3.1)$$

где  $n_e$  - максимальная частота вращения двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $n_e = 5400 \text{ мин}^{-1}$

$\eta_v$  - коэффициент наполнения,

$$G_{CM} = 0,03 \cdot 0,72 \cdot 1,57 \cdot 5400 = 183,12, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определим диаметр патрубка, м

$$d_{\text{пат}} = \sqrt{\frac{G_{CM}}{3600\pi V_{\text{пат}}}}, \quad (3.2)$$

$$G_{CM} = 0,03 \cdot 0,72 \cdot 1,57 \cdot 5400 = 183,12, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определим диаметр патрубка, м

$$d_{\text{пат}} = \sqrt{\frac{G_{CM}}{3600\pi V_{\text{пат}}}}, \quad (3.3)$$

### 3.1.3. Выбор редуктора-испарителя

**Редуктор-испаритель «Автосистема».** При работе редуктора (рисунок 3.2) газ подается к входному угольнику 1. При этом обмотка электромагнитного клапана 2 находится под напряжением и клапан открыт. Газ поступает в полость К.

Клапан 3 первой ступени ограничивает поступление газа в редуктор, когда давление в полости К достигает 0,038-0,042 МПа, что определяется усилием диафрагмы 15 и жесткостью торсионной пружины 4.

В полости М, которая через патрубки 5 соединена с системой охлаждения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					42 2

двигателя, циркулирует охлаждающая жидкость, являющаяся теплоносителем для испарения газа. Испарившийся в полости К газ через клапан 6 второй ступени поступаете полость Л, где поддерживается давление от +50 до -100 Па, а из полости Л - через выходной патрубок 7 к смесителю.

В режиме холостого хода регулировка количества газа осуществляется винтом холостого хода 8, изменяющим проходное сечение канала между полостями К и Л. При работе двигателя в остальных режима газ из полости К в полость Л поступает в основном через клапан второй ступени 6. Минимальный расход газа через него устанавливается подбором усилия на пружине 9 регулировочным винтом 10 второй ступени.

Для регулировки давления в полости К редуктора предусмотрен регулировочный винт 11.

Редуктор-испаритель работает следующим образом:

При включении зажигания электронный блок подает питание на обмотку электромагнитного клапана 2 редуктора в течение 3 с. В это время клапан открыт и газ поступает в редуктор, заполняет полости К и Л, а также впускной коллектор, подготавливая двигатель к пуску. Давление в полости Н равно атмосферному. При вращении коленчатого вала двигателя стартером электронный блок обеспечивает питание обмотки электромагнитного клапана 2, клапан 12 открыт, газ поступает в систему питания. Клапан 12 остается открытым в течение всего времени работы двигателя.

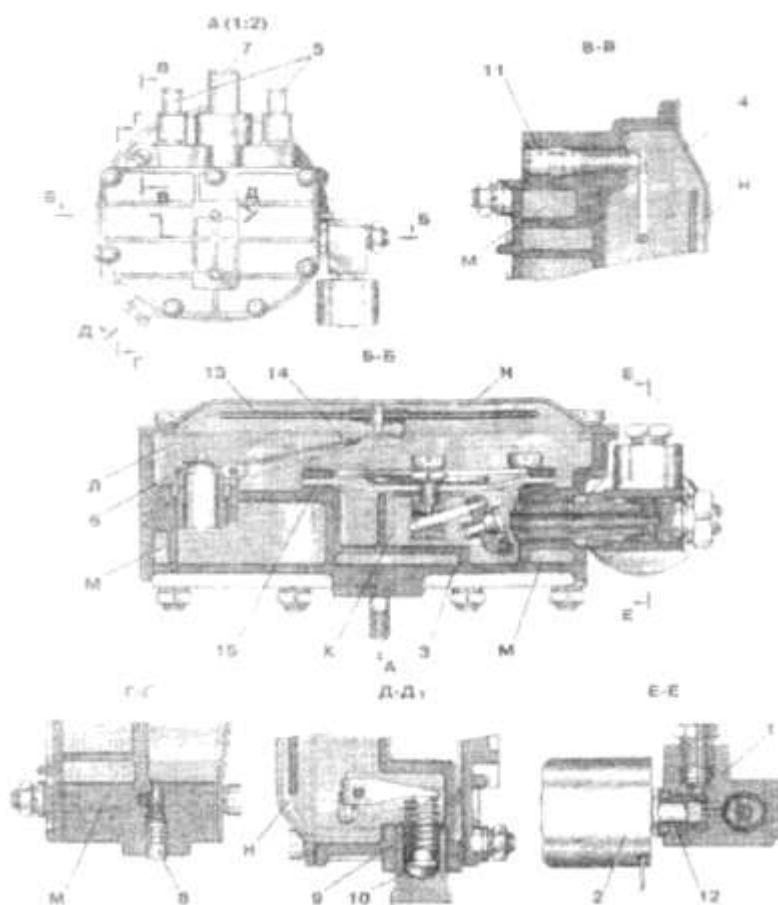
Газ, находящийся в полости К, в необходимом для работы двигателя на холостом ходу количестве поступает через отрегулированное винтом холостого хода 8 проходное сечение в полость Л и далее через выходной патрубок 7 к смесителю.

По мере открытия дроссельной заслонки (увеличение нагрузки двигателя) и увеличения расхода воздуха через карбюратор-смеситель возрастают разрежение в диффузорах смесителя. Разрежение в полости Л редуктора также растет, что вызывает перемещение диафрагмы 13 второй

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	д/см
					3

ступени. Это перемещение через рычаг 14 передается клапану 6 второй ступени, который открывается на большую величину, обеспечивая больший расход газа.

При остановке двигателя, когда частота вращения коленчатого вала снижается до 400-450 мин<sup>-1</sup>, электронный блок отключает электромагнитный клапан 2 редуктора, тем самым, прекращая подачу газа в систему питания. Останавливающий двигатель успевает израсходовать оставшийся в редукторе газ, предотвращая его самопроизвольное истечение после полной остановки.



1 - Входной угольник; 2 - электромагнитный клапан; 3 - клапан первой ступени; 4 - торсионная оружию; 5 - патрубки ввода и вывода охлаждающей жидкости; 6 - клапан второй ступени; 7 - выходной патрубок к смесителю; 8 -регулировочный винт холостого хода; 9 - пружина; 10 - регулировочный винт второй ступени; 11 - регулировочные винт; 12 - клапан; 13 - диафрагма второй ступени; 14 – рычаг открытия клапана второй ступени; 15 - диафрагма; К - полость первой ступени; Л - полость второй ступени; М - полость теплоносителя; Н - полость атмосферного давления

Рисунок 3.2 - Редуктор-испаритель «Автосистема»  
Особенности редуктора:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Дисп
					VKP 230303.232.18

- наличие встроенной (автономной) системы холостого хода. Ее проверку и регулировку проводят двумя винтами;
- отсутствие необходимости периодического слива конденсата, так как при работающем двигателе с потоком газа даже трудно испаряющиеся тяжелые фракции уходят в смеситель, затем в карбюратор, а оттуда в двигатель, где сгорают;
- возможность установки экономайзера. От его настройки зависит степень обогащения газовоздушной смеси и, следовательно, мощность двигателя; настройку ведут вручную, используя два винта;
- отсутствие необходимости прогрева двигателя на бензине. Прямой доступ к паровой фазе из газового баллона исключает необходимость прогрева редуктора. На морозе пуск двигателя осуществляется на газе;
- подачу газа в смеситель регулируют на тройнике-дозаторе 10 (см. рисунок 3.1) двумя винтами. Положение винтов приходится подбирать непосредственно в условиях дороги;
- на холостом ходу количество газа регулируют винтом 8 (см. рисунок 3.2) и регулировочным винтом 10 второй ступени.

Недостатком аппаратуры «Автосистема» можно считать чрезмерное количество регулировочных винтов: три на редукторе, два на экономайзере и два на тройнике-дозаторе. Однако высокая чувствительность и быстродействие, отличные динамические качества автомобиля как результат оптимизированной расходной характеристики редуктора компенсируют этот недостаток.

Вместе с тем удобство в эксплуатации и несложный ремонт, новые материалы, из которых изготовлены диафрагмы и уплотнительные кольца, продлевающие срок службы редуктора в два-три раза, и, наконец, невысокая цена - несомненные достоинства данной системы.

### 3.1.4 Расчет редуктора-испарителя

До настоящего времени не разработаны аналитические методы, которые позволили бы без эмпирических данных с достаточной степенью точности описывать газодинамические и расходные характеристики редукторов. Для

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	45
					BKP 230303.232.18	5

обеспечения нормальной работы двигателя пропускную способность редуктора определяют для режима максимального расхода газа при минимальном давлении СНГ в баллоне.

Расход газа и расход горючей смеси двигателе связаны между собой зависимостью.

Определим расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$$V_e = \frac{V_{CM}}{1 + \alpha \cdot l_0}, \quad (3.4)$$

где  $V_{CM}$  – расход горючей смеси двигателя,  $\text{м}^3$

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха,  $\alpha = 0,95$

$l_0$  – стехиометрический коэффициент горючей смеси,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $l_0 = 22,61$ ;

Определим расход горючей смеси,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$$V_{CM} = iV_h \frac{60 \cdot n_{max}}{2 \cdot 1000} \cdot \eta_v, \quad (3.5)$$

где  $iV_h$  – рабочий объём цилиндров,  $\text{см}^3$ ,  $iV_h = 1,57 \text{ см}^3$ ;

$n_{max}$  – максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя,  $\text{мин}^{-1}$

$n_{max} = 5400 \text{ мин}^{-1}$

$\eta_v$  – коэффициент наполнения,  $\eta_v = 0,72$ ;

$$V_{CM} = 1,57 \frac{60 \cdot 5400}{2 \cdot 1000} \cdot 0,72 = 183,12 \text{ м}^3$$

$$V_e = \frac{183,12}{1 + 0,95 \cdot 22,61} = 8,15 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определим расход газа, проходящего через первую ступень редуктора,  $\text{м}^3/\text{ч}$

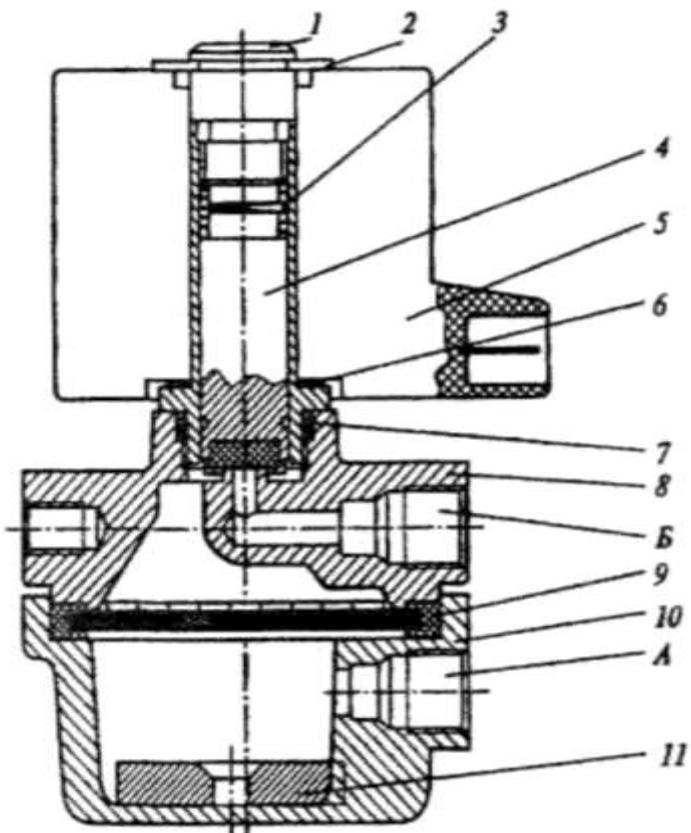
$$V_{1CT} = f_{k1} \cdot \mu_{k1} \cdot 0,1 \cdot p_{k1} \cdot \sqrt{2g \cdot \left(\frac{k}{k+1}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}} \cdot \frac{1}{RT_1}}, \quad (3.6)$$

где  $f_{k1}$  – площадь клапана 1 ступени,  $\text{см}^2$ ;  $f_{k1} = 1,26$ ;

### 3.1.5 Выбор электромагнитного газового клапана.

Электромагнитный клапан фильтр (Рязанского завода автомобильной аппаратуры) показан на рисунке 3.3.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					6



1 - втулка направляющая; 2 - стопорная шайба; 3 - пружина; 4 - якорь; 5 - катушка; 6 - кольцо пружинное; 7 - кольцо уплотнительное; 8 - корпус; 9 - фильтр; 10 - отстойник; 11 - маний; А - вход газа; Б - выход газа.

Рисунок 3.3-Электромагнитный газовый клапан фильтр

Этот клапан состоит из корпуса 8, к которому крепится при помощи четырех винтов (на рисунке не показаны) отстойник 10. В верхней части клапана расположена направляющая втулка 1, которая ввинчивается в его корпус. Внутри втулки перемещается подпружиненный якорь 4 с клапаном, который перекрывает подачу газа. На втулке при помощи стопорной шайбы 2 закреплена катушка 5. При подаче питания в цепь катушки открывается якорь, и газ поступает в корпус. Затем газ очищается, проходя через фильтр 9.

Кроме традиционных средств фильтрации, для улавливания окалины, ржавчины, смолистых соединений и других загрязнений, из-за которых происходит нарушение работы клапанов редуктора, а в результате и работы двигателя, что

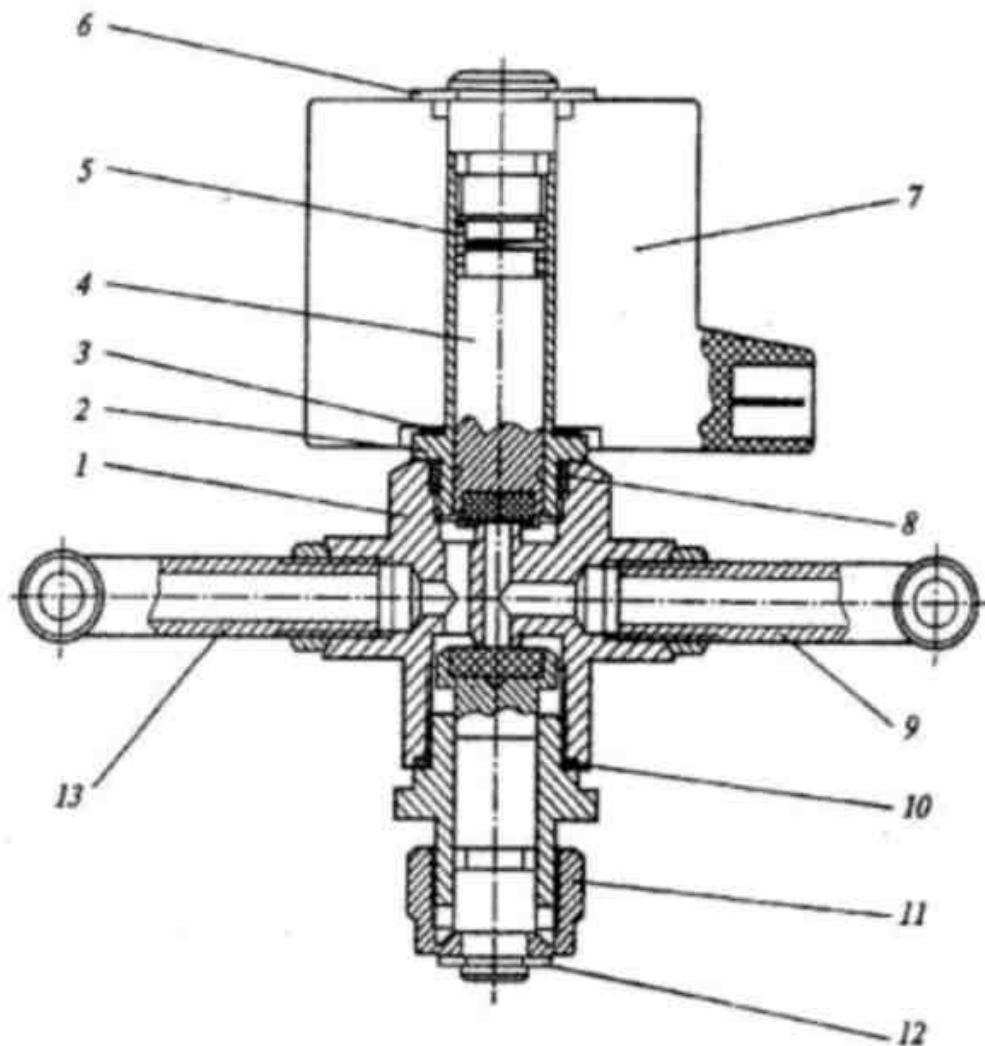
вызывает необходимость регулировки редуктора, а в некоторых случаях

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

и его ремонт, это приводит к вынужденным простоям и материальным затратам, в данном клапане-фильтре для сбора выше перечисленных загрязнений на дне отстойника помешен постоянный магнит 11.

### 3.1.6 Выбор электромагнитного бензинового клапана

Бензоклапан РЗАА (рисунок 3.4) состоит из корпуса 1, в который запрессованы патрубки входа 9 и выхода 13 бензина.



1 - корпус; 2 - направляющая втулка; 3 - кольцо пружинное; 4 - якорь; 5 - пружина якоря; 6 - шайба стопорная; 7 - катушка ОМК; 8 - уплотнительное кольцо; 9 - патрубок входа бензина; 10 - шайба уплотнительная; 11 - механический аварийный клапан; 12 - шайба стопорная; 13 - патрубок выхода бензина.

Рисунок 3.4- Электромагнитный бензиновый клапан РЗАА.

В корпус ввинчена направляющая втулка 2, которая уплотняется с использованием уплотнительного кольца 8. Внутри втулки перемещается

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

подпружиненный якорь 4, на торце которого запрессован клапан. При подаче питания на обмотку катушки 7 якорь поднимается и открывает клапан. С противоположной стороны в корпус 1 ввинчен механический аварийный клапан 11. Вращением его маховика можно открыть поступление бензина при отключенном питании на катушке 7.

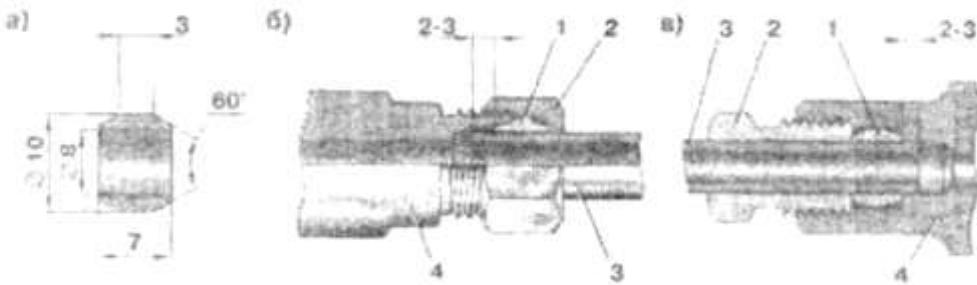
### 3.1.7 Газопроводы и соединительные элементы

Газопровод должен проходить под полом салона автомобиля вдали от выхлопных труб. От соприкосновения с деталями кузова его защищают хлорвиниловыми и резиновыми трубками. Фиксирующие скобы прикрепляют самонарезающимися винтами и устанавливают через каждые 800мм.

Газопровод высокого давления на всем протяжении от баллона до электромагнитного клапана газа и редуктора выполнен из медной трубы наружным диаметром 8 мм (толщина стенок 0,8мм). Квалифицированный мастер при монтаже трубопровода для придания эластичности снабжает его компенсационным устройством змеевиком (виток трубы диаметром 80мм), предохраняющим трубопровод от поломки. Если в соединении поломка все же происходит, можно не менять всю магистральную трубу достаточно вытянуть лишь компенсатор.

Герметичность газопроводов высокого давления обеспечивает ниппельное соединение типа конусная муфта, допускающее многократную разборку (рисунок 3.5). При установке нового ниппеля 1 необходимо следить за тем, чтобы он находился на расстоянии 2-3мм от конца трубы 3 и был плотно посажен на нее. Предварительная пайка ниппеля припоеем и развалицовка конца трубы не допускается.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



а - конусная муфта; б, в - соединения трубопровода: 1 - конусная муфта (ниппель); 2 - гайка; 3 - трубка; 4 - присоединяемая лягать.

Рисунок 3.5 - Беспрокладочные соединения трубопровода с помощью конусной муфты

В трубопроводах низкого давления для соединения газового редуктора с газосмесительным устройством используют резиновые шланги из бензомаслостойкой резины. Шланговые соединения на штуцерах крепятся ленточными хомутами.

### 3.1.8 Расчёт газопроводов

Определим внутренний диаметр газопровода, мм

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{21.22Q}{U}}, \quad (3.7)$$

где  $Q$  – количество жидкости проходящей по газопроводу, л/мин.

$Q = 0,18$  л/мин;

$U$  – скорость прохождения, м/с.  $U = 0,07$  м/с.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{21.22 \cdot 0.18}{0.07}} = 7,4 \text{ мм.}$$

Примем внутренний диаметр газопровода равный 7 мм.

Определим силу давления среды, Н

$$P_{\text{дс}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P_{\text{рас.г}}, \quad (3.8)$$

где  $D$  – диаметр герметизации, мм;  $D = 8$  мм.

$P_{\text{рас.г}}$  - расчётное давление герметизируемой среды, МПа.  $P_{\text{рас.г}} = 1,6$  МПа

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$P_{oc} = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} \cdot 1,6 = 80,4 \text{ МПа}.$$

Определим минимальное усилие затяжки, Н

$$P_3 = v \cdot P_{oc}, \quad (3.9)$$

где  $v$  – коэффициент запаса,  $v = 2,5$

$$P_3 = 2,5 \cdot 80,4 = 201 \text{ Н}$$

Определим давление при котором испытывают трубы, кгс/см<sup>2</sup>

$$P = \frac{1100 \cdot S}{d}, \quad (3.10)$$

где  $S$  – толщина стенки, мм  $S = 1$  мм;

$d$  – внутренний диаметр трубы, мм.  $d = 7$  мм

$$P = \frac{1100 \cdot 1}{7} = 157 \text{ кгс/см}^2.$$

### 3.1.9 Выбор баллона для СНГ

Баллон модели АГ-9230, предназначенный для автомобилей марок ВАЗ-2105-10. Баллон предназначен для хранения запаса газа при температуре поверхности баллона от -40 до +45°C. Он рассчитан на рабочее давление 1,6 МПа. Баллон представляет собой сосуд с цилиндрической средней частью и сферическими днищами, цилиндрическая часть выполнена из листовой углеродистой стали сварная с продольным швом. При изготовлении все сварные швы подвергаются тщательному контролю. К обечайке баллона приварен унифицированный фланец для крепления блока арматуры. Баллон должен периодически подвергаться испытаниям в соответствии с правилами Госгортехнадзора.

На каждый баллон устанавливают металлическую маркировочную табличку, на которой указаны: обозначение баллона, его номер, масса, вместимость и испытательное давление. Баллон представлен на рисунке 3.6.

Характеристики баллона:

Длина, мм 793

Диаметр наружный, мм 300

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					11

Толщина стенок, мм 3

Полный объём, л 50

Полезный объем, л 42

Масса газа, кг 21,8

Масса баллона без газа, кг 21,0



Рисунок 3.6 - Баллон модели АСГ-9230

### 3.1.10 Расчёт баллона для СНГ

Газовые баллоны рассчитывают и изготавливают в полном соответствии с правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Баллоны для хранения СНГ рассчитывают, прежде всего, на прочность.

Расчётное давление в баллоне может быть определено по формуле, МПа

$$P_p = P_{раб} + P_{гу}, \quad (3.11)$$

где  $P_{раб}$  – рабочее давление в баллоне МПА.  $P_{раб} = 1,6$ ;

$P_{гу}$  – давление СНГ при гидравлическом ударе в результате резкого торможения автомобиля, МПа.  $P_{гу} = 0,015$ ;

$$P_p = 1,6 + 0,015 = 1,615 \text{ МПа.}$$

Расчётное давление в газовом баллоне принимаем равным 1,615 МПа, а максимально допустимое 4,6 МПа.. Обечайка и днища изготовлены согласно техническим условиям из листовой стали 20 по ГОСТ 5520-79.

Переднее и заднее днища для снятия напряжения подвергают термообработке нагревом до 640...670 °C, с последующим охлаждением

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БКР 230303.232.18	12

баллона на воздухе.

Определим толщину стенки обечайки, см

$$S_{ob} = \frac{P_p \cdot D_{vn}}{2\varphi \cdot [\sigma] - P_p} + C_1 + C_2, \quad (3.12)$$

где  $D_{vn}$  – внутренний диаметр баллона, см  $D_{vn} = 29,7$  см;

$\varphi$  – коэффициент прочности сварного шва,  $\varphi = 0,85$ ;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$ , для стали 20  $[\sigma] = 131,4$  МПа;

$C_1$ -поправка расчётной толщины материала, учитывающая коррозию металла,  $C_1 = 0,01$  см;

$C_2$  – поправка расчётной толщины материала, учитывающая допуск на технологию,  $C_2 = 0,05$  см;

$$S_{ob} = \frac{1,615 \cdot 29,7}{2 \cdot 0,85 \cdot 131,4 - 1,615} + 0,01 + 0,05 = 0,28 \text{ см.}$$

Принимаем толщину стенки равной 0,3 см.

Определим толщину стенки днища, см

$$S_{dh} = \frac{P_p \cdot R}{2\varphi \cdot [\sigma] - P_p} + C_1 + C_2, \quad (3.13)$$

где  $R$  – радиус сферы днища,  $R = 20$  см;

$$S_{dh} = \frac{1,615 \cdot 20}{2 \cdot 0,85 \cdot 131,4 - 1,615} + 0,01 + 0,05 = 0,2 \text{ см.}$$

Принимаем толщину стенки днища равную 0,3 см.

### 3.1.11 Блок арматуры.

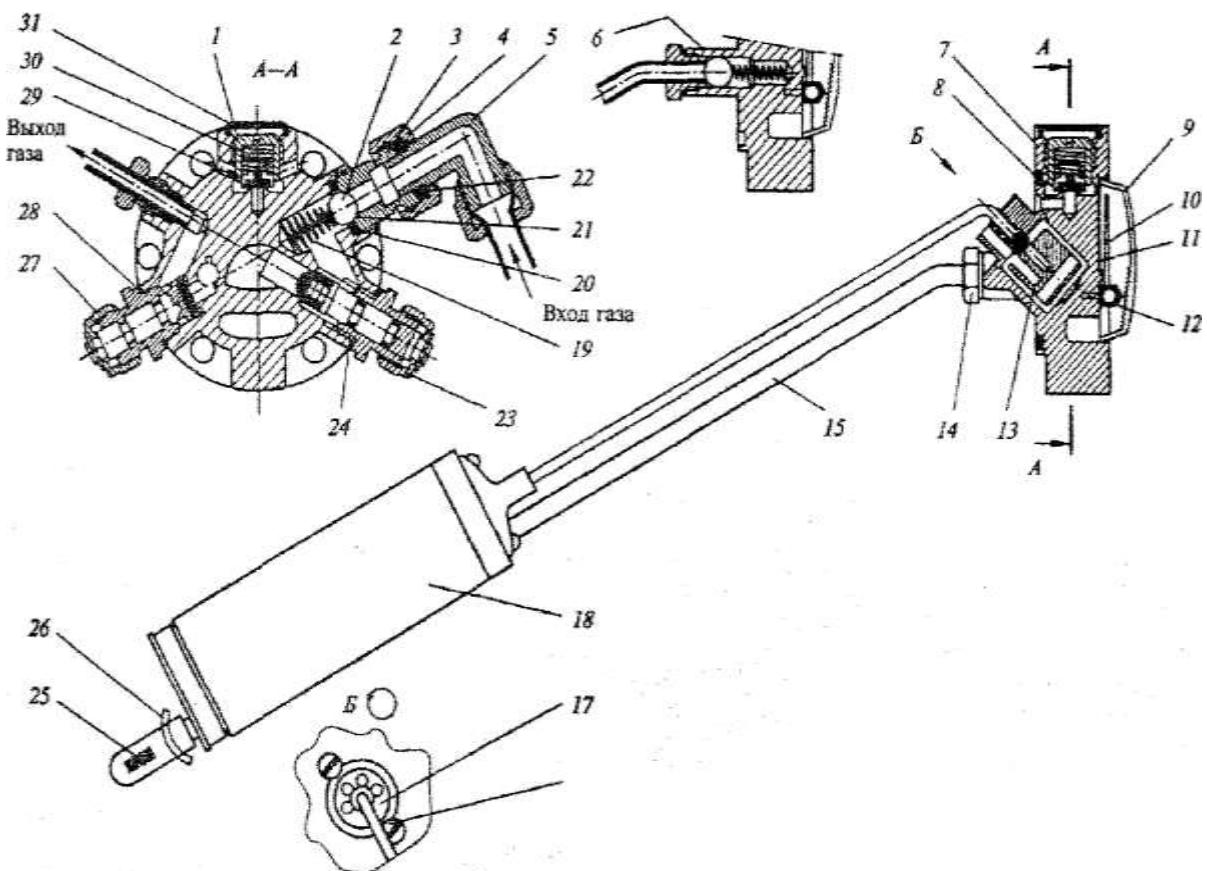
Блок запорно-предохранительной арматуры (мультиклапан) предназначен для установки на баллоне ГСН (рисунок 3.7). Он служит для автоматического контроля уровня и прекращения заправки и подачи ГСН в магистраль. Мультиклапан также обеспечивает герметичность баллона в случае аварийного обрыва подсоединеных к баллону трубок. При повышении давления в баллоне выше рабочего (1,6 МПа) вследствие нагрева или пожара мультиклапан сбрасывает газ, предотвращая взрыв баллона.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 230303.232.18

Лист

13



1 - предохранительный клапан; 2 - шарик; 3 - штуцер входной; 4 - гайка; 5 - переходник; 6 - скоростной клапан; 7 - корпус; 8 - прокладка; 9 - прозрачный корпус; 10 - магнитная стрелка; 11 - шкала; 12 - ось стрелки; 13 - автоматический клапан; 14 - штуцер; 15 - трубка забора газа; 16 - регулировочный винт; 17 - опора клапана; 18 - поплавок; 19 - пружина; 20, 22, 24 и 28 - прокладки; 21 - седло клапана; 23 - заправочный вентиль; 25 - сетка фильтра; 26 - стопорное кольцо; 27 - расходный вентиль; 29 - вставка клапана; 30 - пружина; 31 - пломба.

Рисунок 3.7 - Блок запорно-предохранительной арматуры

Корпус мультиклапана крепится винтами к фланцу баллона. Герметичность соединения обеспечивается прокладкой 8. Во время заправки газ поступает в баллон через входной штуцер 3, преодолевая усилие подпружиненного шарика 2. По мере наполнения баллона газом поднимается поплавок 18.

В момент, когда уровень газа достигнет 80% от объема баллона, автоматический клапан 13 (отсекатель) перекроет поступление газа и заправка газом прекратится. Шарик 2 перекроет обратный выход газа из баллона.

Газ из баллона поступает в магистраль по трубке забора газа 15, отжимая шарик скоростного клапана 6 через расходный вентиль 27. Во время

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					VKP 230303.232.18

хранения автомобиля на стоянке расходный 27 и заправочный 23 вентили надежно перекрывают баллон.

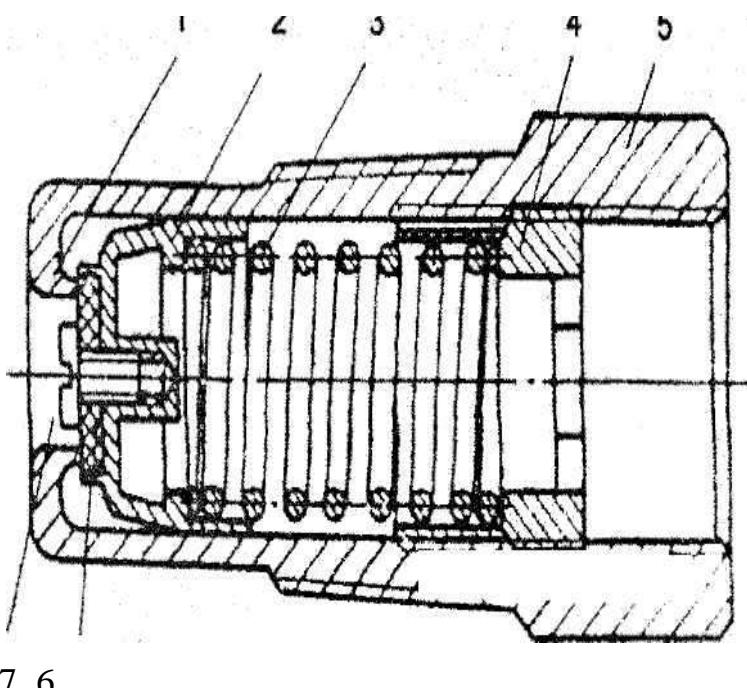
В случае нагрева баллона выше 45°C или пожара открывается предохранительный клапан 1, сбрасывая избыточное давление газа. Количество газа в баллоне контролируется магнитной стрелкой 10 по шкале 11. Стрелка перемещается вмонтированным в автоматический клапан 13 магнитом и защищена прозрачным корпусом 9.

Максимально допустимый объем заправляемого газа предварительно регулируется винтами 16.

Для обеспечения естественной циркуляции воздуха для вентиляции мультиклапана в случае утечки газа его устанавливают в вентиляционной коробке, которая имеет патрубки для циркуляции воздуха.

### 3.1. 12 Предохранительный клапан

Предохранительный клапан с нагруженной пружиной приведен на рисунке 3.8.



1 - седло клапана; 2 - подвижной стакан; 3 - пружина; 4 - регулировочная гайка; 5 - корпус; 6 - уплотнитель; 7 - отверстие.

Рисунок 3.8- Предохранительный клапан с нагруженной пружиной

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

При превышении давления газа в баллоне более чем 1,6 МПа, газ отжимает уплотнитель 6 со стаканом 2 от седла 1 и выходит в атмосферу.

Данный клапан можно установить в блок запорно-предохранительной арматуры.

### 3.1.13 Расчет предохранительного клапана

В процессе проектирования рассчитываются давление настройки, начало открытия и закрытия клапана.

Давление настройки  $P_{наст}$  - наибольшее избыточное давление на входе в клапан, при котором обеспечивается заданная герметичность запорного элемента. Давление настройки предохранительного клапана может быть равно рабочему давлению в баллоне или может превышать его, не более чем на 25%. Примем  $P_{наст} = 1,6$  МПа.

Давление начала открытия клапана избыточное давление на входе в клапан, при котором усилие, направленное на открытие клапана, уравновешено усилиями, удерживающими запорное устройство на седле. При этом давлении начинается подъем клапана запорного устройства.

Определим давление начала открытия клапана, МПа

$$P_{n.откр} = 1,05 \cdot P_{раб}, \quad (3.14)$$

где  $P_{раб}$  - рабочее давление в баллоне, МПа.  $P_{раб} = 1,6$ ;

$$P_{n.откр} = 1,05 \cdot 1,6 = 1,68 \text{ МПа}$$

Давление полного открытия, МПа

$$P_{n.откр} = 1,15 P_{наст}, \quad (3.15)$$

$$P_{n.откр} = 1,15 \cdot 1,6 = 1,84 \text{ МПа.}$$

Определим давление закрытия, МПа

$$P_{зак} = P_{наст} - 10\% P_{наст}, \quad (3.16)$$

$$P_{зак} = 1,6 - 0,16 = 1,44 \text{ МПа.}$$

Определим площадь минимального сечения проточной части седла клапана,  $\text{мм}^2$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$F_{\text{с.кл.}} = \frac{2K}{\mu}, \quad (3.17)$$

где  $K$  - коэффициент расхода клапана,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .  $K=2$ ;

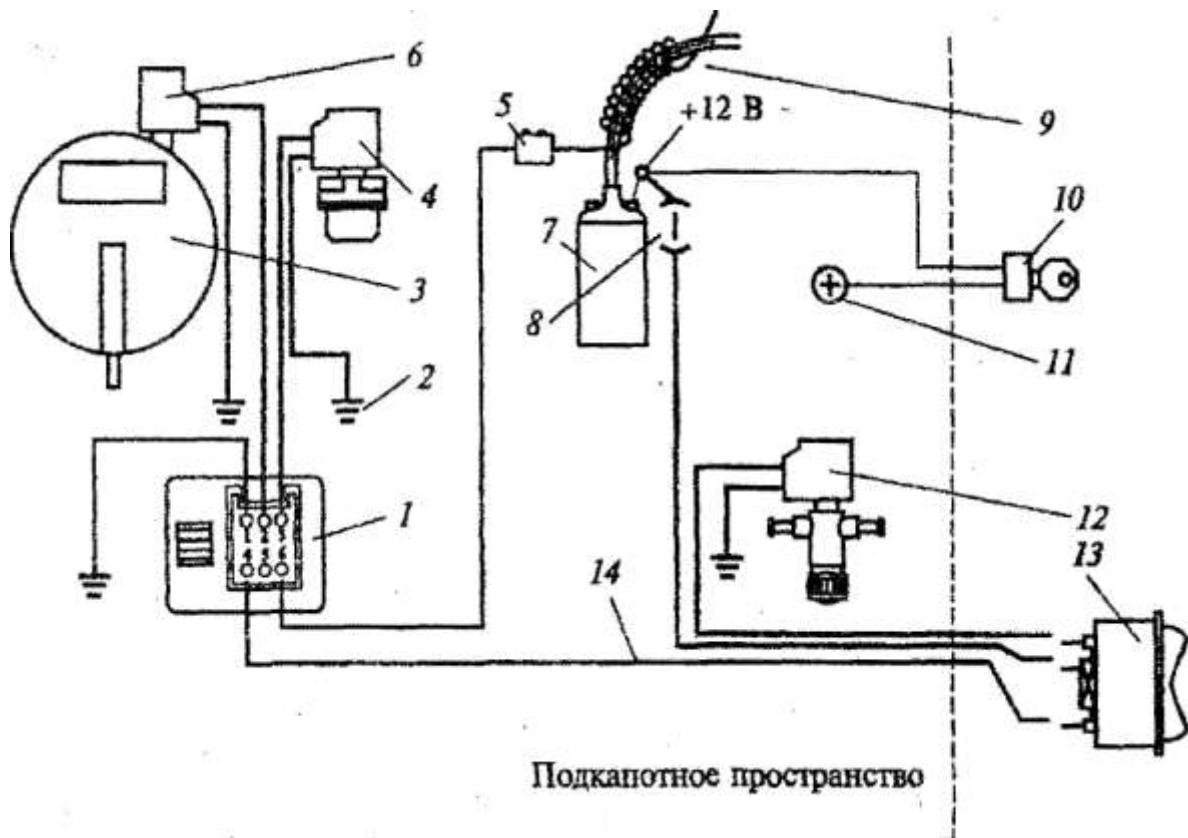
$\mu$  - коэффициент расхода,  $\mu = 0,6$ ;

### 3.1.14 Электрооборудование системы питания ГБА

Включение подачи газового или жидкого вида топлива осуществляется при помощи электрических приборов, объединенных в электрическую схему.

Принцип построения электрической схемы для систем питания СНГ и СПГ легковых и грузовых автомобилей практически одинаков.

Электрическая схема системы питания карбюраторного ГБА СНГ системы питания ОАО «РЗАА» представлена на рисунке 3.9.



1 - блок управления; 2 - корпус автомобиля; 3 - редуктор; 4 - электромагнитный газовый клапан; 5 - соединитель; 6 - электромагнитный клапан пускового редуктора; 7 - катушка зажигания; 8 - предохранитель; 9 - датчик вращения двигателя; 10 - замок зажигания; 11 - клемма «+» аккумулятора; 12 - бензоклапан; 13 - переключатель «Бензин» - «Газ»; 14 - провод.

Рисунок 3.9 - Электрическая схема системы питания ГБА

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Поступлением газа или бензина управляют электромагнитные газовый 4 и бензиновый 12 клапаны.

Напряжение на катушки этих клапанов поступает от переключателя «Бензин» - «Газ». На переключатель напряжение поступает от замка зажигания 10. Обычно для удобства «плюсовой» провод переключателя соединяется с замком зажигания, а с плюсовой клеммой катушки зажигания 7 - через предохранитель 8.

Таким образом, в нейтральном положении переключателя 13 оба клапана закрыты. В положении переключателя «Бензин» открыт бензиновый клапан, а в положении переключателя «Газ» на обмотки катушек газовых клапанов 6 и 4 поступает напряжение через электронный блок управления электромагнитными клапанами.

Этот блок выполняет функцию пускового и предохранительного устройства. Блок управления (БУ) имеет датчик вращения коленчатого вала двигателя, расположенный на центральном проводе высокого напряжения катушки зажигания, и включает клапаны при условии, если от него поступает сигнал искрообразования при вращении двигателя. Если такой сигнал не поступает в БУ, то клапаны выключаются через 1,5 с. При неработающем двигателе блок обеспечивает кратковременное открытие клапанов 6 и 4 на 1,5 с и поступление пусковой дозы газа для запуска двигателя. Если при этом по каким-либо причинам двигатель не заведется, блок 1 автоматически прекратит дальнейшее поступление газа. Таким образом, блок предотвращает поступление газа при включенном зажигании и неработающем двигателе, например, когда двигатель заглох. Во время попытки запуска двигателя и в процессе его работы клапаны открыты.

Электрические схемы газовых систем питания, имеющих редукторы с разгрузочными устройствами и, следовательно, без предохранительных клапанов на редукторах низкого давления, не имеют специальных электронных блоков и поэтому проще и надежнее в эксплуатации (например, «САГА» и НЗГА). Эти схемы имеют только катушки обмоток клапанов и

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БЗсм	18
					VKP 230303.232.18	

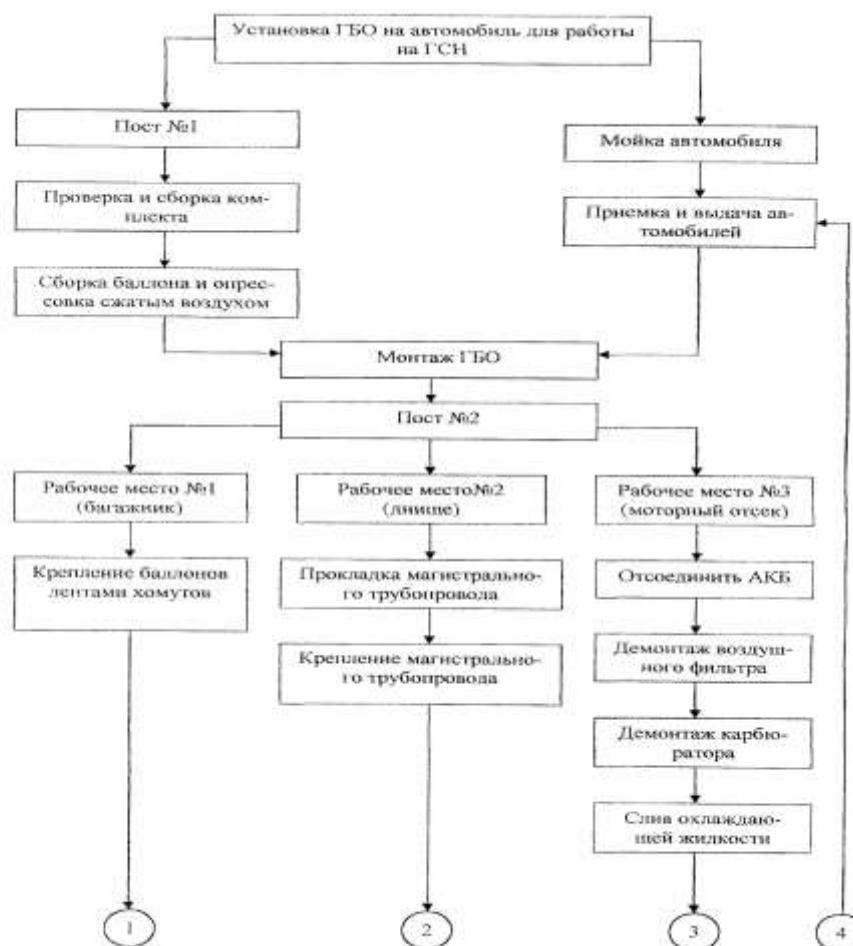
переключатель «Бензин» — «Газ», подключенный через предохранитель к замку зажигания.

Системы питания «САГА» могут иметь дополнительное электрооборудование для дистанционного контроля уровня топлива в баллоне СНГ.

### 3.1.15 Технологический процесс установки ГБО на автомобиль

Технологический процесс установки газобаллонного оборудования включает в себя следующие основные этапы: подготовка комплекта ГБО и автомобиля к монтажу, непосредственно монтаж оборудования на автомобиль, испытания газотопливной системы питания на герметичность и прочность соединений (опрессовку) газовой системы на автомобиле, регулировочные работы и оформление соответствующей документации.

Технологический процесс установки ГБО представлен на рисунке 3.10.



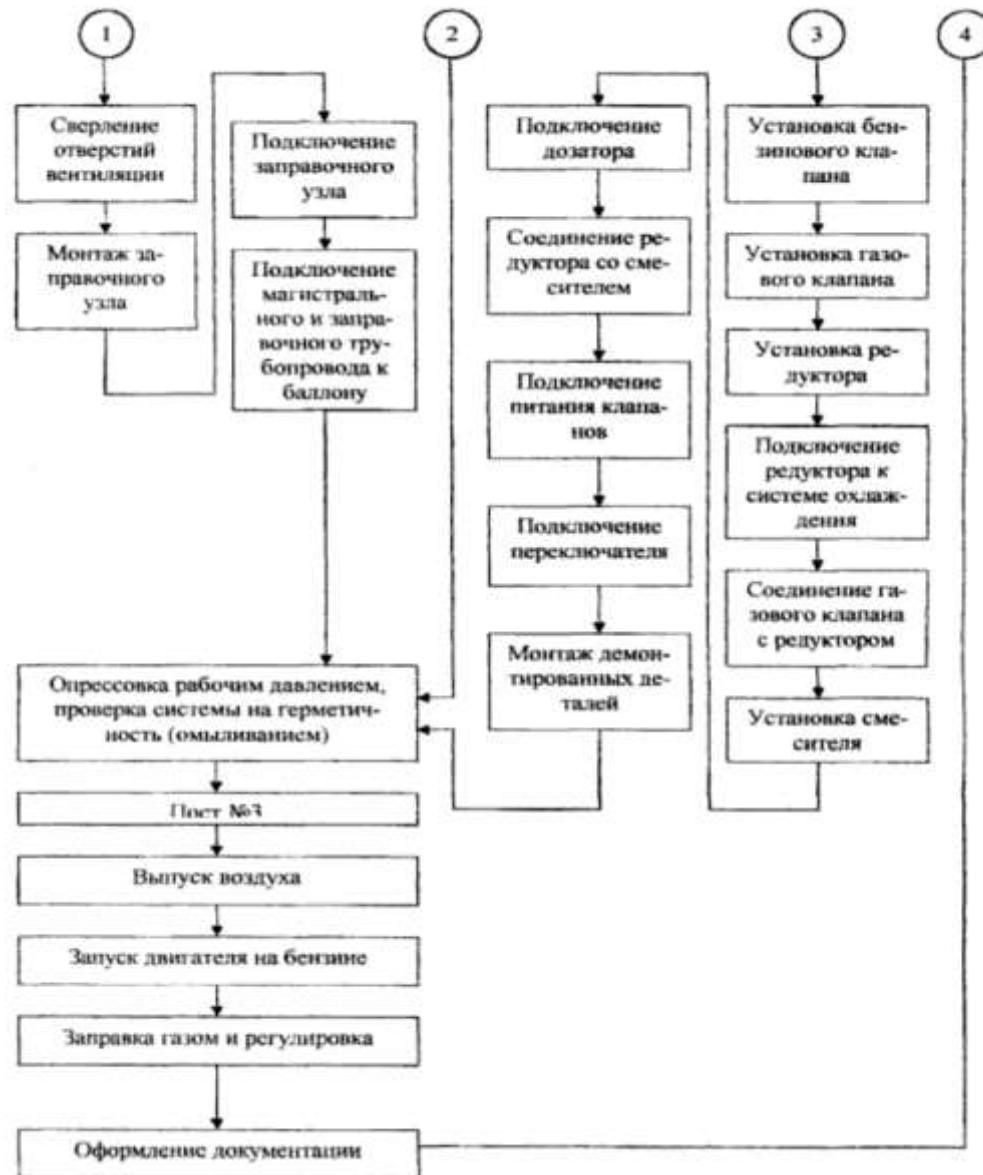


Рисунок 3.10-Технологический процесс установки ГБО на автомобиль для работы на СНГ

### 3.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочее место водителя

#### 3.2.1 Вибрация

Вибрация - это механические колебания упругих тел, проявляющиеся в перемещении центра их тяжести или оси симметрии в пространстве, а также в периодическом изменении ими формы, которую они имели в статическом состоянии.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Вибрации машин и механизмов возникают под действием периодических или случайных возмущающих сил. Периодические вибрации возникают в случае, когда механический объект содержит вращающиеся или возвратно-поступательно движущиеся части. В двигателе внутреннего сгорания это кривошипно-шатунный и газораспределительный механизмы.

Вибрации двигателя возбуждают колебания всего автомобиля, конструкция которого содержит и другие возбудители периодических колебаний, например, элементы трансмиссии.

При движении по неровностям дороги возникают колебания автомобиля, не имеющие явной повторяемости. Вибрации такого рода называют случайными.

Двигатель внутреннего сгорания является основным источником вибраций на автомобиле.

Характер колебаний ДВС определяется как различием их конструктивных схем и режимов работы, так и параметрами упругих элементов подвески. Возбудителями колебаний двигателя в режиме холостого хода являются: при минимально устойчивых частотах вращения коленчатого вала - основная гармоника опрокидывающего момента, а с увеличением частоты вращения - величина остаточного дисбаланса и неуравновешенные силы инерции и их моменты. Диапазон изменения частот вибрации, передающейся от ДВС на кузов автомобиля от 10 до 400 Гц.

Весомый вклад в вибрацию двигателя вносят системы выпуска и впуска, навесное оборудование двигателя, имеющие вращающиеся части.

Трансмиссия автомобиля:

Характер вибраций трансмиссии определяется ее конструктивными особенностями, частотой вращения, нагруженностью валов и зубчатых соединений, наличием и параметрами изгибных и крутильных колебаний, величинами остаточных дисбалансов. Основные энергетические составляющие вибраций трансмиссии располагаются в диапазоне частот 400-5000 Гц.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Вспомогательное оборудование автомобиля:

Основные энергетические составляющие вибраций вспомогательного оборудования автомобиля расположены в двух областях спектра частот 31,5-200 Гц и 800 - 2500Гц.

### **3.3 Требования по технике безопасности для слесаря по ремонту газобаллонной аппаратуры**

Данные требования являются дополнением к общей инструкции по технике безопасности для автомеханика.

Техническое обслуживание и ремонт, установка и демонтаж ГБО производится слесарем по обслуживанию и ремонту газового оборудования.

Перед началом работ необходимо проверить исправность инструмента и оборудования рабочего места, а также убедиться, включена ли вентиляция помещения.

Перемещение ГБА в зонах производственного корпуса и на всей территории автотранспортного предприятия производится при работе двигателя на жидком топливе. Для газовых автомобилей и автобусов, работающих только на КПГ, допускается перемещение при давлении в баллонах не выше 5 МПа.

В тех случаях, когда требуется устраниить негерметичность или неисправность в арматуре баллонов, необходимо предварительно выпустить газ из баллонов на

посту выпуска или слива газа.

Выпускать газ разрешается только при неработающем двигателе и отключенной аккумуляторной батарее. Категорически запрещается выпускать газ, когда ГБА находится вне специализированного поста выпуска (слива) газа в производственных или других помещениях, в непосредственной близости от места стоянки автомобилей или источников огня и места нахождения людей.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Все работы по ремонту ГБА при наличии газа в баллонах должны производиться при закрытых баллонных и магистральных вентилях и отсутствии давления газа в газопроводах.

Регулировку частоты вращения холостого хода, токсичности и установку запальной дозы разрешается производить на двигателе, работающем на газовом топливе. Все прочие работы производятся при неработающем двигателе.

Работы по снятию и установке газовой аппаратуры выполняются специальными инструментами (омедненными) на остывших агрегатах. Перед началом ремонтных работ необходимо надеть защитные рукавицы или перчатки, открыть капот, багажник и люки моторного отсека и проветрить пространство, в котором может скопиться газ.

При возникновении утечек газа на ГБА, находящемся в помещении, его необходимо отбуксировать на улицу, а помещение проветрить.

При выполнении работ, не связанных с ГБО, но при которых может нарушиться герметичность газового оборудования, демонтаж элементов ГБО, мешающих этим работам, выполняется слесарем по ремонту газового оборудования.

В случае возникновения пожара на ГБА его следует тушить углекислотными огнетушителями, песком или струей воды под давлением.

При техническом обслуживании и ремонте ГБА запрещается:

- выполнять ремонт ГБО при наличии горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей, а также людей в кабине или салоне;
- запускать двигатель при утечке газа;
- проверять пламенем герметичность соединений;
- применять дополнительные усилия или рычаги при открывании и закрывании вентиляй;
- устранять негерметичность соединений, находящихся под давлением;
- производить ремонт газовой аппаратуры, других узлов (агрегатов) автомобиля при работающем двигателе, а также не выработав газ из

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

системы питания;

- производить сварочные и малярные работы или другие виды работ с открытым пламенем при наличии газа в баллонах;
- производить окраску наполненных газом баллонов.

### **3.4 Техника безопасности при хранении газобаллонного автомобиля**

Хранение ГБА производится в специально отведенных местах.

При хранении расходный заправочный и магистральный вентили должны быть перекрыты.

Необходимо избегать длительного воздействия прямых солнечных лучей на баллоны ГСН.

ГБА с неисправной газовой аппаратурой должны храниться на открытых площадках с пустыми баллонами.

**3.3.1 Освидетельствование газовых баллонов и испытание топливной системы автомобиля, работающего на газовом топливе**

1. Баллоны для сжатого природного газа и сжиженного нефтяного газа должны подвергаться испытаниям (освидетельствованию) в сроки:

- баллоны для сжатого природного газа из углеродистой стали - 1 раз в три года;
- из легированной стали - 1 раз в 5 лет;
- баллоны для сжиженного нефтяного газа -1 раз в 2 года.

2. Испытания баллонов и топливной системы автомобиля, работающего на газовом топливе, должны выполняться специально обученным персоналом согласно требованиям действующего нормативного правового акта. «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением Госгортехнадзор СССР, 27.11.87 , (с изм. 1991, 1994)». Запрещается:

- находиться в помещении поста во время наполнения баллонов сжатым воздухом;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

- производить подтягивание резьбовых соединений, а также осуществлять замену узлов и деталей системы питания, находящейся под давлением;
- нахождение посторонних лиц в помещениях для освидетельствования баллонов и испытания топливных систем.

### 3.5 Мероприятия по охране окружающей среды

Чтобы автомобиль с полным основанием можно было назвать экологически чистым, должно быть экологически чистым топливо. И газ отвечает этому требованию. Применение газа заметно снижает по сравнению с бензином суммарную токсичность отработавших газов. Более чем втрое уменьшается количество токсичной окиси углерода СО (угарный газ), в 1,6 раза - содержание канцерогенных углеводородов СН, состоящих из частиц несгоревшего топлива. Концентрация окиси азота N0 и двуокиси N02, образующихся в процессе горения смеси кислорода и азота (безвредный азот, попадая в камеру сгорания из атмосферы, превращается в ядовитое соединение — оксиды азота), при работе двигателя на газе снижается в 1,2 раза. Соединения же свинца и различные ароматические полимеры, содержащиеся в бензине и также являющиеся опасными канцерогенами, в газовом топливе совершенно отсутствуют. Дымность выхлопа при работе на газовом топливе втрое ниже, чем при работе на бензине.

Согласно ГОСТ 17.2.2.03-87 предельно допустимая концентрация СО и СН в отработавших газах автомобилей с карбюраторными четырехцилиндровыми двигателями и установленными на них системами газовой аппаратуры для пользования газовым топливом не должна превышать значений, указанных ниже.

Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	820-900	2900-3100
СО, %	1,5	2,0
СН, прт	1200	600

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Если автомобиль отвечает требованиям по концентрации СО при частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу, а поверка содержания СН при той же частоте вращения не дает хороших показателей, концентрацию СН можно проверить при повышенной частоте вращения коленчатого вала - от 1600 мин<sup>–1</sup> до 0,6  $n_{ном}$ . Если концентрация СН невысока - около 100 ррт или ниже, то и концентрация СО не превысит нормы.

### **3.6 Экономическое обоснование применения сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива**

Экономическая эффективность использования сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива обуславливается рядом преимуществ применения СНГ вместо бензина, а именно:

- снижения затрат на топливо
- увеличение интервала смены масла;
- уменьшение других эксплуатационных издержек;
- уменьшение количества вредных веществ в выхлопных газах;
- уменьшение шума двигателя;
- некоторое увеличение ресурса двигателя.

Естественно, использование СНГ вместо бензина выявляет и некоторые недостатки:

- увеличение капитальных затрат, а именно стоимость газового оборудования и его установки;
- уменьшение грузоподъёмности автомобиля, вследствие увеличения снаряженной массы автомобиля;
- трудный запуск двигателя, особенно в холодную погоду, вследствие этого необходимость применения двухтопливной системы питания;
- увеличение трудоёмкости и стоимости технического обслуживания.

Но вне зависимости от этих недостатков устанавливать газобаллонное оборудование на автомобиль целесообразно, прежде всего, это выгодно с

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	ВКР 230303.232.18	26

экономической точки зрения. Далее приведён расчёт срока окупаемости затрат на автомобиль.

Принимая во внимание всё вышеизложенное и, сравнивая топливно-экономические показатели, приходим к выводу, что установка газобаллонного оборудования на автомобиль ВАЗ-21074 вполне возможна и экономически целесообразно.

### **3.7 Расчёт годовой экономии от перехода с использованием бензина в качестве моторного топлива на использование СНГ**

#### **3.7.1 Исходные данные**

Нормы расхода топлива:

для бензинового автомобиля  $H_b = 10 \text{ л/100км}$ ;

для газобаллонного автомобиля  $H_g = 12 \text{ л/100км}$ ;

Стоимость одного литра топлива:

бензин А-92,  $\Pi_b = 18,50 \text{ руб/л}$ ;

газ ПБА,  $\Pi_g = 8,40 \text{ руб/л}$ .

#### **3.7.2 Среднегодовой пробег**

Среднегодовой пробег автомобиля определяется по формуле, км:

$$\Pi_{cc} = \Pi_{cc} + \Psi_{cm}; \quad (3.18)$$

где  $\Pi_{cc}$  – среднесуточный пробег автомобиля, км  $\Pi_{cc} = 100 \text{ км}$ ;

$\Psi_{cm}$  – количество рабочих смен в году,  $\Psi_{cm} = 250$ ;

$$\Pi_{cc} = 100 \cdot 250 = 25000 \text{ км.}$$

#### **3.7.3 Определим годовой расход топлива.**

Определим нормативный годовой расход топлива, л

$$Q_n = 0.01 \cdot H_s \cdot S \cdot 1 + 0.01 \cdot D \cdot 1 + 0.01 \cdot D_3 \cdot 1 \quad (3.19)$$

где  $Q_n$  – нормативный расход топлива, л;

$S$  – пробег автомобиля, км;

$H_s$  – базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100км;

$D$  – поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к норме, %;

$D_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные расходы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	27
					<i>BKR 230303.232.18</i>	

топлива на внутригаражные нужды, %  $D_3 = 0,5\%$ .

$$D = D_1 + D_2; \quad (3.20)$$

где  $D_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные расходы топлива в зимний период, %;

$D_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные расходы топлива при работе в городах, % Примем  $D_2 = 5\%$

$$D_1 = H_{3y} \cdot \frac{N_{3M}}{12}, \quad (3.21)$$

где  $H_{3y}$  – коэффициент, учитывающий дополнительные расходы топлива в зимний период, %. Примем  $H_{3y} = 15\%$

$N_{3M}$  – количество зимних месяцев. Примем  $N_{3M} = 5$  месяцев;

$$D_1 = 15 \cdot \frac{5}{12} = 6.25\%,$$

$$D = 6.25 + 5 = 11.25.$$

Определим нормативный расход топлива для базовой модификации работающей на бензине, л

$$Q_y = 0.01 \cdot 10 \cdot 25000 \cdot [1 + 0.01 \cdot 11.25 \cdot [1 + 0.01 \cdot 0.5]] = 2795 \text{ л},$$

Определим нормативный расход топлива для проектируемого автомобиля при работе его на газе, л

$$Q_y = 0.01 \cdot 12 \cdot 25000 \cdot [1 + 0.01 \cdot 11.25 \cdot [1 + 0.01 \cdot 0.5]] = 3354 \text{ л}.$$

### 3.7.4 Определи годовые затраты на топливо, руб

Рассчитаем стоимость топлива для базовой модификации, работающей на бензине, руб

$$Ц = Q_H \cdot Ц_л, \quad (3.22)$$

$$Ц = 2795 \cdot 18,50 = 51707,5 \text{ руб}.$$

Рассчитаем стоимость топлива для проектируемого автомобиля при работе на газе, руб.

$$Ц = 3354 \cdot 8,40 = 28173,6 \text{ руб}.$$

### 3.7.5 Определение среднегодовых затрат на техническое обслуживание и ремонт автомобиля

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Файл
					VKP 230303.232.18

Среднегодовые затраты на ТО и ремонт автомобиля, руб

$$Z_{TO,P} = H_{TO,P} \cdot \frac{\Pi_r}{1000}, \quad (3.23)$$

где  $\Pi_r$  – годовой пробег автомобиля, км.

$H_{TO,P}$  – норма затрат на ТО и ремонт на 1000 км пробега.

$H_{TO,P} = 250$  руб/1000км

$$Z_{TO,P} = 250 \cdot \frac{25000}{1000} = 6250 \text{ руб.}$$

Затраты на ТО и ремонт для газобаллонной модификации на 5% выше затрат на ТО и ремонт для базового автомобиля.

Для газобаллонного автомобиля:

$$Z_{TO,P} = 1,05 \cdot 6250 = 6562,5 \text{ руб.}$$

### 3.7.6 Определение амортизационных отчислений.

Амортизацию подвижного состава определяем линейным методом по формуле:

$$A_{PC} = H_A \cdot B_A, \quad (3.24)$$

где  $B_A$  – балансовая стоимость автомобиля, руб.  $B_A = 145000$  руб.

$H_A$  – норма амортизации, %

$$H_A = \frac{1}{n} \cdot 100\%, \quad (3.25)$$

где  $n$  – срок полезного использования, лет. Для автомобиля ВАЗ – 21074  $n = 8$  лет.

$$H_A = \frac{1}{8} \cdot 100\% = 12,5\%.$$

Определим амортизацию на базовый автомобиль, руб

$$A_{PC} = 0,125 \cdot 145000 = 18125 \text{ руб.}$$

Определим амортизацию на газобаллонный автомобиль, руб

$$A_{PC} = H_A \cdot B^r_A, \quad (3.26)$$

где  $B^r_A$  – балансовая стоимость газобаллонного автомобиля, складывается из балансовой стоимости автомобиля и стоимости газобаллонной установки с

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

монтажом, руб  $B_A^G = 155000$  руб.

$$A_{PC} = 0,125 \cdot 155000 = 19375 \text{ руб.}$$

Амортизация газобаллонного оборудования будет составлять:

$$A_{GBO} = A_{PC}^G \cdot A_{PC}^B \quad (3.27)$$

$$A_{GBO} = 19375 - 18125 = 1250 \text{ руб.}$$

3.7.7 Заработка плата водителей и отчисления на социальные нужды.

$$Z_{\text{оп.труда}} = TС_{\text{час}} \cdot Ч_{\text{см}} \cdot T_{\text{см}} \cdot PK \cdot CH$$

где  $TС_{\text{час}}$  – часовая тарифная ставка, руб

$Ч_{\text{см}}$  – число смен работы (250 смен)

$T_{\text{см}}$  – продолжительность смены, час (8 часов)

PK – районный коэффициент

CH – северные надбавки

$$Z_{\text{оп.труда}} = 60 \cdot 250 \cdot 8 \cdot 1,7 = 204000 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды

$$Z_{\text{отч.с.н}} = Z_{\text{оп.труда}} \cdot CH$$

$$Z_{\text{отч.с.н}} = 204000 \cdot 0,271 = 55284 \text{ руб}$$

3.7.7 Эксплуатационные затраты.

Определим суммарные эксплуатационные затраты, руб.

Для бензиновой модификации

$$Z_{\text{ЭБ}} = \Pi_{\text{Г}}^B + \Pi_{\text{М}}^B + Z_{\text{ТО.Р}}^B + A_{\text{ПС}}^B + Z_{\text{оп.труда}} + Z_{\text{отч.с.н}} \quad (3.28)$$

$$Z_{\text{ЭБ}} = 51707,5 + 6250 + 18125 + 204000 + 55284 = 335366,5 \text{ руб.}$$

Для газобаллонной модификации

$$Z_{\text{ЭГ}} = \Pi_{\text{Г}}^G + \Pi_{\text{М}}^G + Z_{\text{ТО.Р}}^G + A_{\text{ПС}}^G + Z_{\text{оп.труда}} + Z_{\text{отч.с.н}}, \quad (3.29)$$

$$Z_{\text{ЭГ}} = 28173,6 + 6562,5 + 19375 + 204000 + 55284 = 313395,1 \text{ руб}$$

3.7.8 Условно-годовая экономия

Условно-годовая экономия эксплуатационных затрат от замены бензина на сжиженный нефтяной газ вычисляется по формуле, руб

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					BKR 230303.232.18

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{Б}} - \mathcal{E}_{\text{Г}}, \quad (3.30)$$

$$\mathcal{E} = 335366,5 - 313395,1 = 21971,4 \text{ руб.}$$

### 3.7.9 Срок окупаемости

Срок окупаемости проекта установки ГБО на автомобиль ВАЗ-21074 рассчитываем методом дисконтирования

$$\mathcal{E}_{\text{к.Эф}} = \mathcal{E}_{\text{к.}} \cdot \text{КД} - \text{КВ}, \quad (3.31)$$

$$\mathcal{E}_{\text{к.Эф}} = 1831 \cdot 1 - 10000 = -8169 \text{ руб},$$

$$\mathcal{E}_{\text{к.Эф}} = 1831 \cdot 0,98 - 8169 = -6375 \text{ руб},$$

Результаты вычислений приведены в таблице 5.1

Таблица 3.1 - Экономический Эффект и срок окупаемости

Показатель	Срок окупаемости, мес.					
	1	2	3	4	5	6
Капитальные вложения	10000	-	-	-	-	-
Капитальные вложения с учетом дисконтирования	10000	-	-	-	-	-
Экономия в месяц	1831	1831	1831	1831	1831	1831
Экономия с учетом дисконтирования	1831	1794	1776	1758	1739	1721
Коэффициент дисконтирования	1,0	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
Экономический эффект с нарастающим итогом	-8169	-6375	-4599	-2841	-1102	+619

Проанализировав таблицу 3.1, делаем вывод, что срок окупаемости капитальных вложений равен 6 месяцев. Годовая экономия от внедрения данного проекта составит 21971,4 рублей.

Технико-экономические показатели рассматриваемых автомобилей приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Технико-экономические показатели

Показатель	Значение	
	ВАЗ-21074	ВАЗ-21074(ГБО)
Нормативный расход топлива, л/100км	10	12

продолжение таблицы 3.2

Капитальные вложения, тыс. руб.	0	10000
Эксплуатационные затраты, руб.	335366,5	313395,1
В том числе:		
- топливо	51707,5	28173,6
- масло	-	-
- амортизация	18125	19375
- текущий ремонт и ТО	6250	6562,5
- оплата труда	204000	204000
- отчисления на социальные нужды	55284	55284
Годовая экономия, руб	-	21971,4
Срок окупаемости, месяцев	-	6

Таким образом, установка ГБО на автомобиль ВАЗ-21074 является эффективной.

## Выводы

В первом разделе ВКР был проведен сравнительный анализ схем газовых систем питания и выбрана схема газовой системы питания «Автосистема», так как она обладает высокими эксплуатационными качествами, устойчивой работой двигателя на разных режимах работы, надежной и безопасной работой, что особенно важно при эксплуатации автомобиля. А так же взаимозаменяемость основных агрегатов с аппаратурой других производителей, высокие эксплуатационные качества (устойчивый пуск холодного двигателя, простота обслуживания и ремонта), выполнение резинотехнических изделий из материалов нового поколения, практически не требующих замены 5-7 лет.

Был произведен анализ опасных и вредных факторов. Для предотвращения действия данных факторов разработаны следующие требования:

- требования по технике безопасности для водителей газобаллонных автомобилей
- требования по технике безопасности при заправке газовым топливом;
- техника безопасности при хранении газобаллонных автомобилей;
- переосвидетельствование газовых баллонов.

При соблюдении данных требований будут обеспечены безопасные условия работы водителя

Срок окупаемости капитальных вложений равен 6 месяцев. Годовая экономия от внедрения данного проекта составит 21971,4 рублей.

Таким образом, установка ГБО на автомобиль ВАЗ-21074 является эффективной.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боксерман Ю.И., Чириков К.Ю. Перевод транспорта на газовое топливо — М: Недра; 1988г. -220с.
2. Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей: Учеб. пособие для нач. проф. Образования. - М.: Издательский центр «Академия», 2002г. — 160с.
3. Золотицкий В. А. Система питания газобензиновых автомобилей - М.: «Издательский Дом Третий Рим», 200г. 1 - 80с.
4. Золотицкий В. А. Новые газотопливные системы автомобилей. Под науч. ред. С.Н. Погребного - М: «Издательский Дом Третий Рим», 2003г. - 64с.
5. Морев А.И., Ерохов В.И. Газобаллонные автомобили. - М.: Транспорт, 1992г.-
6. Григорьев Е.Г., Колубаев Б.Ю., Ерохов В.И. и др. Газобаллонные автомобили - М: машиностроение, 1989г. - 216с.
6. Лукин П.П., Гаспорянц Г.А. Конструирование и расчет автомобиля. - М.: Машиностроение , 1984г. - 376с.
7. Суковицин В.И. Технический осмотр автомобилей. - М.: Транспорт. 1992г. - 159с.
8. Трушин В.М. Газовое оборудование и арматура для газобаллонных автомобилей (на сжатом природном газе) - Л.: Недра; 1990г. - 151с.
9. Гражданская оборона. Учебник для вузов под редакцией Атоманюка В.Т. -М.: Высшая школа , 1986г. — 207с.
10. Пустошный П.А. Автомобильные двигатели: Методические указания к выполнению контрольной работы и курсового проекта. - Архангельск: РИО АЛТИ, 1988г. "33с.
11. Орлов Б.Ф., Потехин В.Н. Допуски размеров, формы и расположение поверхностей типовых деталей : Методические указания. — Архангельск: РИОАГТУ, 1997г.-16с.
13. Федоренко В. А., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. - Л.: Машиностроение , 1982г, -416с.

14. Хачинян А.С, Морозов К.А. Двигатели внутреннего сгорания. Учебное пособие" для вузов по специальности «Строительные и дорожные машины и оборудование», Под редакцией Луконина В.Н. — 2-е издание, перераб. И доп. - М.: Высшая школа, 1985г. — 311с.

# **СПЕЦИФИКАЦИИ**