

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ
(Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

А.А. Сенькевич, А.Н. Каплунов

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Практикум

Зерноград – 2015

УДК 629.33:665.6

*Печатается по решению методической комиссии
по специальности «Техническое обслуживание
и ремонт автомобильного транспорта»
Азово-Черноморского инженерного института – филиала
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской государственный аграрный университет»
в г. Зернограде*

Рецензент

заведующий кафедрой «Механизация растениеводства» Азово-Черноморского инженерного института – филиала Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный университет» в г. Зернограде, кандидат технических наук, доцент **Несмиян А.Ю.**

Сенькевич, А.А. Автомобильные эксплуатационные материалы: практикум / А.А. Сенькевич, А.Н. Каплунов. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2015. – 48 с.

В практикуме описан порядок проведения практических работ по дисциплине «Эксплуатационные материалы», приведены необходимые теоретические и справочные материалы, рекомендуемая литература.

Практикум предназначен для студентов специальности 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» при изучении дисциплины «Автомобильные эксплуатационные материалы».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Практическое занятие № 1. Вода.....	7
1.1 Область применения и основные показатели качества.....	7
1.2 Определение карбонатной жесткости.....	7
1.3 Определение общей жесткости.....	8
1.4 Умягчение воды.....	9
1.5 Задачи.....	10
1.5.1 Пример решения задачи.....	10
1.5.2 Задачи для самостоятельного решения.....	12
2 Практическое занятие № 2. Топливо.....	13
2.1 Элементный состав топлив.....	13
2.2 Теплота сгорания топлива.....	14
2.3 Определение количества воздуха, необходимого для горения.....	16
2.4 Теплота сгорания горючей смеси.....	19
2.5 Задачи.....	19
2.5.1 Пример решения задачи.....	19
2.5.2 Задачи для самостоятельного решения.....	20
3 Практическое занятие № 3. Бензин.....	21
3.1 Общие сведения.....	21
3.2 Задачи.....	21
3.2.1 Пример решения задачи.....	21
3.2.2 Задачи для самостоятельного решения.....	22
4 Практическое занятие № 4. Дизельное топливо.....	23
4.1 Общие сведения.....	23
4.2 Задачи.....	23
4.2.1 Пример решения задачи.....	23
4.2.2 Задачи для самостоятельного решения.....	24
5 Практическое занятие № 5. Газ.....	25
5.1 Виды и тепловая ценность газообразных топлив.....	25
5.2 Количество воздуха, необходимое для сгорания газообразного топлива.....	26
5.3 Задачи.....	27
5.3.1 Пример решения задачи.....	27
5.3.2 Задачи для самостоятельного решения.....	27
6 Практическое занятие № 6. Твердое топливо.....	28
6.1 Состав топлива.....	28
6.2 Условное топливо.....	31
6.3 Задачи.....	31
6.3.1 Пример решения задачи.....	31
6.3.2 Задачи для самостоятельного решения.....	32
7 Практическое занятие № 7. Масла для двигателей и трансмиссий.....	34
7.1 Назначение и требования, предъявляемые к моторным маслам...	34

7.2	Назначение и свойства трансмиссионных масел.....	34
7.3	Задачи.....	35
7.3.1	Пример решения задачи.....	35
7.3.2	Задачи для самостоятельного решения.....	35
8	Практическое занятие №8. Материалы для обеспечения технологического процесса. Увязочные материалы.....	36
8.1	Назначение и классификация тары.....	36
8.2	Основные принципы расчета прочности транспортной тары.....	37
8.3	Задачи.....	41
8.3.1	Пример решения задачи.....	41
8.3.2	Задачи для самостоятельного решения.....	42
	Литература	43
	Приложения	44

ВВЕДЕНИЕ

Практикум предназначен для студентов специальности 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» при изучения дисциплины «Автомобильные эксплуатационные материалы».

Основной целью дисциплины «Автомобильные эксплуатационные материалы» является овладение студентами знаниями об эксплуатационных свойствах, качестве и рациональном применении топлива, масел, смазок и специальных жидкостей в тракторах, автомобилях, комбайнах и другой сельскохозяйственной технике.

В настоящем практикуме изложены методические указания по определению эксплуатационных свойств топлив, смазочных материалов и технических жидкостей с целью установления марки продукта, определения его качества и пригодности к применению в тех или иных условиях эксплуатации автотракторной техники, с учетом знания студентами таких дисциплин, как химия, устройство автомобилей, двигателя внутреннего сгорания.

В результате освоения модуля обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

- ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
- ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.
- ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.
- ПК 1.1. Организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта.

– ПК 1.2. Осуществлять технический контроль при хранении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автотранспорта.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- получать вязкостно-температурные характеристики нефтепродуктов;
- строить кривые фракционной разгонки топлив на основе экспериментальных данных;
- определять температуры вспышки и воспламенения дизельных топлив и моторных масел;
- оценивать влияние дизельных топлив, бензинов, масел, пластичных смазок и технических жидкостей на долговечность автомобилей и их экологическую безопасность по маркировке и данным лабораторного анализа.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- влияние температуры на вязкость нефтепродуктов;
- влияние температуры на плотность нефтепродуктов;
- требования к маслам в зависимости от климатических условий;
- формулы расчета теплоты сгорания топливно-воздушной смеси;
- методы повышения топливной экономичности автомобилей;
- перспективные пути развития автомобильной техники с целью повышения топливной экономичности и экологической безопасности.

Современный компетентностный, студентоориентированный подход к преподаванию дисциплины «Автомобильные эксплуатационные материалы» позволит подготовить конкурентоспособных на мировом рынке труда специалистов среднего звена в области технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1. ВОДА

1.1 Область применения и основные показатели качества

Вода, предназначенная для работы в теплосиловых установках, не должна вызывать коррозии металла, вспениваться, а главное образовывать отложения на стенках котлов и в системе охлаждения двигателей. При использовании жесткой воды в радиаторах двигателей, в рубашках и головках цилиндров образуется слой накипи. Накипь плохо проводит тепло, поэтому условия охлаждения двигателя ухудшаются, детали перегреваются, нарушается нормальная работа. Производительность трактора, комбайна или автомобиля падает, расходы топлива и масла увеличиваются, износы деталей повышаются.

Вода, используемая для питания котлов и охлаждения двигателей, не должна содержать механически взвешенных примесей, как бы мелкие и мало заметны они ни были, и должна содержать минимальное количество растворенных солей, особенно солей щелочноземельных металлов кальция и магния, обуславливающих ее жесткость.

Жесткостью воды называют общее количество ионов кальция и магния, содержащихся в литре воды. Жесткость подразделяют на карбонатную, зависящую от наличия в воде бикарбонатов кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, и некарбонатную, зависящую от наличия в воде хлористых, сернокислых, кремнекислых солей кальция и магния. Суммарное количество всех солей кальция и магния дает общую жесткость воды.

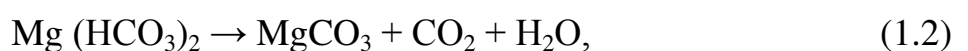
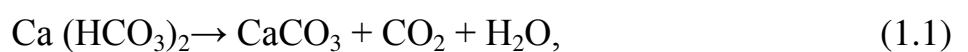
Обычно жесткость природных вод выражают в миллиграмм-эквивалентах в литре – мг-экв/л.

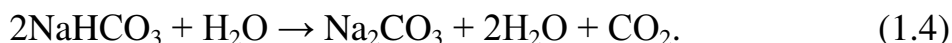
Воду до 3,0 мг-экв/л принято считать мягкой, от 3,0 до 6 мг-экв/л – средней жесткости и выше 6 мг-экв/л – жесткой.

1.2 Определение карбонатной жесткости

Для точного определения карбонатной жесткости нужно знать щелочность воды.

В колбу емкостью в 250 мл наливают 100 мл исследуемой воды, на колбе восковым карандашом делают метку налитого уровня воды. Колбу закрывают корковой пробкой со вставленным в нее обратным холодильником и кипятят в течение 30 мин. При кипячении воды происходит разложение бикарбонатов по следующим реакциям





Если при кипячении часть воды испарится, то доливают дистиллированную воду до отмеченного уровня.

После кипячения образовавшийся осадок отфильтровывают через плотный бумажный фильтр «синяя лента», осадок промывают дистиллированной водой. К раствору добавляют 3–4 капли метилоранжа и нейтрализуют его $\frac{1}{10}$ N раствором соляной кислоты до перехода желтого окрашивания в оранжевое. Точно по бюретке отмечают количество кислоты, пошедшей на титрование m . Если из общего количества кислоты n , пошедшей на определение щелочности, вычесть количество кислоты, пошедшей на нейтрализацию солей, не выпавших в осадок (соли натрия и, если есть, соли органических кислот), то разность даст карбонатную жесткость

$$J_{\text{кар}} = n - m, \quad (1.5)$$

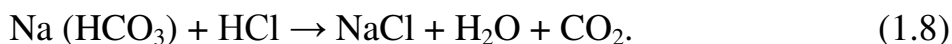
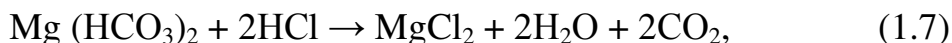
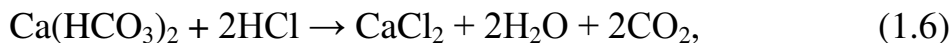
где $J_{\text{кар}}$ – карбонатная жесткость, мг-экв/л;

n – общий объем кислоты пошедшей на определение щелочности, мл;

m – объем кислоты, пошедшей на титрование, мл.

1.3 Определение общей жесткости

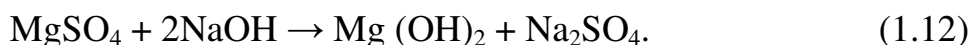
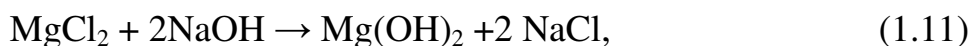
Наиболее простым способом определения общей жесткости является осаждение солей щелочной смесью. Щелочная смесь готовится неравных и точно децинормальных объемов соды Na_2CO_3 и едкого натрия NaOH . Определение заключается в следующем: 100 мл исследуемой воды в присутствии метилоранжа нейтрализуют $\frac{1}{10}$ N раствором HCl до появления оранжевого окрашивания, т. е. определяют еще раз щелочность воды. При нейтрализации бикарбонаты переходят в хлористые соединения по следующим реакциям



После перевода солей в хлористые соединения колбу с водой кипятят на открытой электроплитке 3–5 мин для удаления из воды углекислого газа. К кипящему раствору пипеткой приливают 20 мл щелочной смеси и раствор опять кипятят 3–5 мин. Щелочной смесью соли жесткости переводятся в осадок; повторное кипячение нужно для более полного осаждения солей.

После добавления смеси окраска раствора должна быть желтой, что указывает на то, что часть смеси пошла на осаждение солей, а часть осталась в свободном состоянии, т. е. смесь берется в избыточном количестве.

Реакции осаждения солей будут следующие



Колбу с образовавшимся осадком охлаждают водопроводной водой, и раствор переливают в мерную колбу емкостью 200 мл. Остаток осадка смывают в мерную колбу дистиллированной водой и ею же доводят объем точно до 200 мл. Содержимое мерной колбы тщательно перемешивают и осадок отфильтровывают. Можно отфильтровать прямо в мерный цилиндр 100 мл раствора.

Отфильтрованный раствор переливают в чистую и сухую коническую колбу и нейтрализуют его $\frac{1}{10}$ N соляной кислотой. В данном случае соляной кислотой нейтрализуется свободная, не вступившая в реакцию (избыточная), щелочная смесь, кислоту добавляют осторожно до появления оранжевого окрашивания.

Общую жесткость воды вычисляют по формуле

$$\text{Ж}_{\text{об}} = \pi - 2\nu, \quad (1.13)$$

где π – объем щелочной смеси, взятой для осаждения солей жесткости, мл;
 ν – объем соляной кислоты, пошедшей на нейтрализацию избыточной смеси, мл.

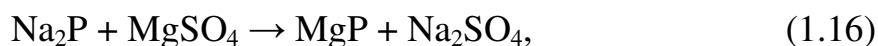
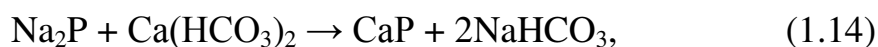
Коэффициент перед буквой может быть и другим, он зависит от того, какая часть общего раствора, имеющегося в мерной колбе, взята на титрование.

1.4 Умягчение воды

Наиболее простым способом умягчения воды является ее предварительное кипячение. Часто для умягчения воды переводят соли жесткости в осадок с помощью различных химических реактивов, например содой, известью, едким натрием и др. Но наиболее распространенным и удобным способом является использование пермутитовых и глауконитовых фильтров.

Пермутит – искусственно приготовленный минерал, а глауконит – естественный, они состоят из солей Na, Al, Si. Активным элементом является натрий, поэтому условно их обозначают Na_2P . Если воду пропустить через

такие фильтры, то возникает обменная реакция. Кальций и магний из воды задерживаются минералом, а натрий из него уходит в воду. В результате такой обработки содержание Ca и Mg в воде резко уменьшается, а Na растёт. Реакции умягчения представлены ниже



Качество умягчения зависит от исходной жесткости воды, высоты слоя минерала, через который фильтруется вода, его активности и скорости фильтрации.

Объем воды, равный 250–300 мл, пропускают через слой пермутита, фильтрат еще раз пропускают через минерал. Берут 100 мл умягченной воды и проверяют ее щелочность. Оставшуюся воду еще дважды профильтровывают через минерал и опять проверяют щелочность. Фильтрацией через пермутит можно достигнуть полного удаления солей жесткости. Этот способ имеет широкое практическое применение, так как очень легко восстановить активность минерала, для этого достаточно промыть его десятипроцентным раствором поваренной соли NaCl.

Восстановление идет по следующей реакции



После промывания поваренной солью через минерал пропускают чистую воду, и фильтр опять готов к эксплуатации.

1.5 Задачи

1.5.1 Пример решения задачи

Задача

Определить общую, карбонатную и некарбонатную жесткость воды, если в 1 л содержится:

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - 0,169 \text{ г};$

$\text{CaSO}_4 - 0,040 \text{ г};$

$\text{MgCl}_2 - 0,022 \text{ г.}$

Решение

Жесткостью воды называется общее количество ионов Ca и Mg, содержащихся в 1 л воды, единицей измерения является мг-экв/л (1 мг-экв соответствует содержанию $20,04 \text{ мг/л Ca}^{2+}$, или $12,16 \text{ мг/л Mg}^{2+}$).

1. Определяем мг-экв. тех солей, которые содержатся в воде, для этого сначала находим молекулярные массы:

а) молекулярная масса соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

$$M = 40 + 2 + 24 + 96 = 162,$$

б) молекулярная масса соли CaSO_4

$$M = 40 + 32 + 64 = 136,$$

в) молекулярная масса соли MgCl_2

$$M = 24 + 71 = 95.$$

Поскольку это соли двухосновных кислот, для определения эквивалента нужно молекулярную массу разделить на 2:

$$162/2 = 81; \quad 132/2 = 68; \quad 95/2 = 47,5$$

2. Находим карбонатную жесткость.

Карбонатная жесткость зависит от содержания в воде $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, количество которого $0,169 \text{ г/л}$ или 169 мг/л . Эквивалент для этой соли 81, следовательно карбонатная жесткость будет равна:

$$J_{\text{кар}} = 169/81 = 2,086 \text{ мг-экв/л.}$$

3. Находим некарбонатную, ее обуславливают соли CaSO_4 и MgCl_2 , содержание которых $0,040 \text{ г/л}$ и $0,022 \text{ г/л}$.

Эквивалент $\text{CaSO}_4 = 68$, следовательно, жесткость

$$40/68 = 0,588 \text{ мг-экв/л.}$$

Эквивалент $\text{MgCl}_2 - 47,5$, следовательно, жесткость

$$22/47,5 = 0,463 \text{ мг-экв/л.}$$

Некарбонатная жесткость

$$Ж_{\text{некар}} = 0,588 + 0,463 = 1,051 \text{ мг-экв/л.}$$

4. Определяем общую жесткость

$$Ж_0 = Ж_{\text{кар}} + Ж_{\text{некар}}$$

$$Ж_0 = 2,086 + 1,051 = 3,137 \text{ мг-экв/л.}$$

Вывод: вода средней жесткости.

Ответ: общая жесткость 3,137 мг-экв/л; карбонатная жесткость 2,086 мг-экв/л; некарбонатная 1,051 мг-экв/л.

1.5.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.1

В воде в растворенном состоянии содержатся следующие соли:

NaHCO₃ – 0,062 г/л,
KHCO₃ – 0,072 г/л,
Ca(HCO₃)₂ – 0,120 г/л,
MgSO₄ – 0,130 г/л.

Определить щелочность и общую жесткость воды.

Задача 1.2

В одном литре воды содержатся следующие соли:

Mg(HCO₃) – 0,187 г;
Ca(HCO₃)₂ – 0,098 г;
MgSO₄ – 0,072 г;
CaCl₂ – 0,102 г.

Определить общую и карбонатную жесткость воды.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2. ТОПЛИВО

2.1 Элементный состав топлив

Топливом называют горючие вещества способные при сжигании выделять тепловую энергию. Топливо может быть жидким, твердым и газообразным в зависимости от физического состояния.

В состав топлива входит горючая и негорючая часть.

Горючая часть представляет собой различные углеводороды и другие соединения, в которые входят углерод (С), водород (Н), кислород (О), азот (N), сера (S).

Негорючая часть (балласт) в жидком топливе – это влага и зола. Зола представляет собой негорючий остаток, образующийся после сгорания топлива. В основном золу составляют минеральные механические примеси, попадающие в топливо извне – частицы пыли, песка и т.п.

Углерод **С** – основная горючая часть топлива. С увеличением содержания углерода тепловая ценность топлива повышается. В различных видах топлива содержится от 50 до 97 % углерода.

Водород **Н** – вторая по значимости после углерода горючая составляющая топлива. В сравнении с углеродом содержание водорода в топливе меньше (до 25 %), а теплоты при его сгорании выделяется в 4 раза больше.

Кислород **О**, входящий в состав топлива, не горит и не выделяет теплоты, поэтому фактически является внутренним балластом. Его содержание в зависимости от вида топлива составляет 0,5...43 %.

Азот **N** не горит и, так же как кислород, является внутренним балластом топлива. Содержание его в жидком и твердом видах топлива невелико и составляет 0,5...1,5 %.

Сера **S**, при сгорании которой выделяется определенное количество теплоты, является весьма нежелательной составной частью топлива, ибо продукты ее сгорания – сернистый SO_2 и серный SO_3 ангидриды – вызывают сильную газовую или жидкостную коррозию металлических поверхностей. Содержание серы в твердом топливе колеблется от долей процента до 8 %, а в нефтях – от 0,1 до 4 %.

Зола **A** представляет собой негорючий твердый компонент, количество которого определяют после полного сгорания топлива. Она является нежелательной и даже вредной примесью, так как в ее присутствии усиливаются абразивные износы, усложняется эксплуатация котельных установок и т.д. У топлива с высоким содержанием золы понижены теплота сгорания и загоряемость.

Влага **W** является весьма нежелательной примесью топлива, так как часть теплоты отбирается на ее испарение, в результате чего снижается теплота и температура сгорания топлива. При наличии влаги усложняется эксплуатация установок (особенно в зимнее время), увеличивается коррозия и т.д.

Минеральные примеси – золу и влагу – разделяют на **внешние** и **внутренние**. Первые попадают в топливо из окружающей среды при его добыче, транспортировании или хранении, вторые входят в его химический состав.

2.2 Теплота сгорания топлива

При "сгорании" горючей смеси в двигателе химическая энергия топлива превращается в тепловую и далее в механическую. Количество тепла при этом зависит от состава горючей смеси и от свойств самого топлива.

Удельная теплота сгорания Q (кДж/кг, или кДж/м³) – это количество теплоты, выделяемой при полном сгорании 1 кг жидкого или твердого топлива или 1 м³ газообразного. Этот показатель можно определить двумя методами: расчетным и опытным.

При расчетном методе важно знать элементный состав топлива. Согласно закону Г.И.Гесса, теплота сгорания топлива зависит только от начальных и конечных продуктов сгорания и не зависит от характера промежуточных реакций. Поэтому **теплота сгорания топлива равна суммарной теплоте сгорания составляющих его элементов**.

В связи с тем, что топливо представляет собой не механическую смесь различных элементов, а сложное химическое соединение, при его сгорании выделяется несколько меньше теплоты. Часть ее идет на разрушение связей между молекулами. Вода, образующаяся от сгорания водорода топлива, превращается в пар, и на этот процесс также затрачивается определенное количество теплоты. При сгорании 1 кг водорода топлива образуется 9 кг воды. Поэтому различают высшую $Q_{\text{выс}}$ и низшую $Q_{\text{низ}}$ удельную теплоту сгорания.

Высшая удельная теплота сгорания топлива выделяется при полном сгорании 1 кг жидкого или 1 м³ газообразного топлива, если образующиеся водяные пары конденсируются.

Низшая удельная теплота сгорания топлива представляет собой теплоту, выделяемую при полном сгорании 1 кг или 1 м³ топлива, за вычетом теплоты, которая затрачена на испарение влаги, образующейся при сгорании водорода, и влаги, содержащейся в топливе.

Таким образом, если в продуктах сгорания топлива влага находится в виде жидкости, то выделяется высшая теплота сгорания, если в виде пара – низшая.

Связь между низшей и высшей теплотой выражается уравнением

$$Q_{\text{низ}} = Q_{\text{выс}} - 2512,08 \cdot (9H + W), \quad (2.1)$$

где 2512,08 – количество тепла, затрачиваемого на превращение 1 кг воды в пар, кДж;

$9H$ – количество воды, полученной при сгорании водорода, кг;

W – количество воды, содержащейся в топливе, кг.

При расчетах количество водорода и влаги, содержащейся в топливе, удобнее брать не в весовых долях, а в процентах, тогда

$$Q_{\text{низ}} = Q_{\text{выс}} - 25,1208 \cdot (9H + W). \quad (2.2)$$

Если теплоту сгорания подсчитывать в ккал/кг она примет вид

$$Q_{\text{низ}} = Q_{\text{выс}} - 6 \cdot (9H + W). \quad (2.3)$$

При определении удельной теплоты сгорания по элементному составу используют формулы, предложенные Д.И. Менделеевым. Эти формулы показывают, что теплота сгорания топлива равна суммарной теплоте, выделяемой при сгорании его отдельных элементов. Высшая удельная теплота сгорания жидкого или твердого топлива, кДж/кг

$$Q_{\text{выс}} = 339C + 1256H - 109 \cdot (O - S), \quad (2.4)$$

т.к. 1 кал = 4,1868 Дж, 1 ккал = 4,1868 кДж, то

$$Q_{\text{выс}} = 81C + 300H - 26 \cdot (O - S). \quad (2.5)$$

Низшая удельная теплота сгорания жидкого или твердого топлива, в кДж/кг и ккал/кг соответственно

$$Q_{\text{низ}} = 339C + 1256H - 109 \cdot (O - S) - 25W, \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{низ}} = 81C + 246H - 26 \cdot (O - S) - 6W. \quad (2.7)$$

В формулах содержание различных элементов и влаги в топливе указывают в процентах.

Для определения теплоты сгорания опытным путем используют калориметрическую установку, основными элементами которой является бомба и калориметр.

Теплоту сгорания маловязких топлив определяют по формуле, ккал/кг

$$Q_{\text{низ}} = Q_{\text{выс}} - 600q, \quad (2.8)$$

где 600 – теплота парообразования, ккал/кг;

q – количество собранного конденсата, кг.

Низшая теплота сгорания в среднем составляет:

- бензина 44...44,5 МДж/кг;
- керосина 43,2 МДж/кг;
- дизельного топлива 42,6 МДж/кг;
- печного бытового топлива 41,16 МДж/кг;
- топочного сернистого мазута 39,9 МДж/кг.

2.3 Определение количества воздуха, необходимого для горения

Горение – химический процесс соединения горючего вещества и окислителя. Практически горение представляет собой окисление топлива кислородом воздуха. В результате этого процесса выделяется определенное количество тепловой энергии и резко повышается температура.

При горении скорость протекания окислительных реакций очень высока, и выделяемая теплота не успевает рассеиваться. Эта характерная особенность отличает горение от многих процессов окисления.

Различают **гомогенное** горение, когда топливо и окислитель находятся в газообразном состоянии; **гетерогенное**, когда вступающие в реакцию вещества находятся в различном агрегатном состоянии (например, в твердом и газообразном), и **взрывное**.

Для того чтобы судить о полноте сгорания топлива, необходимо знать: количество воздуха, теоретически необходимое для горения топлива; действительное количество воздуха, которое требуется для полного сгорания топлива; теоретическую температуру горения; состав продуктов горения. Все эти величины определяют расчетным путем, исходя из элементного состава топлива.

Пример

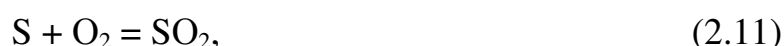
Имеем 1 кг сухого топлива состоящего из С г углерода, Н г водорода, S г серы, N г азота, О г кислорода и А г золы. Горючими элементами, требующими для своего сгорания кислород, являются С, Н и S. Напишем реакции горения и из соотношения атомных масс определим количество кислорода, необходимого для полного сгорания того или иного элемента:



$$12 + 32 = 44;$$



$$4 + 32 = 36;$$



$$32 + 32 = 64.$$

Для сгорания 12 кг углерода требуется 32 кг кислорода, а для сгорания 1 кг углерода требуется

$$32/12 = 8/3 \approx 2,67 \text{ кг кислорода.}$$

Значит, для сгорания 4 кг водорода необходимо 32 кг кислорода, или на 1 кг водорода должно приходиться

$$32/4 = 8 \text{ кг кислорода.}$$

Для сгорания 32 кг серы необходимо 32 кг кислорода, или на 1 кг серы требуется

$$32/32 = 1 \text{ кг кислорода.}$$

Значит, для полного сгорания 1 кг топлива рассматриваемого элементного состава (в массовых процентах) потребуется кислорода O (кг)

$$O = \frac{2,67C + 8H + S - O}{100}. \quad (2.12)$$

В этом случае предполагается, что содержащийся в топливе кислород полностью затрачивается на горение. В действительности же при сжигании топлива подводится не чистый кислород, а воздух, в котором содержится лишь 23,2 % кислорода по массе, остальное азот.

Тогда теоретически необходимое для полного сгорания 1 кг топлива количество воздуха $L_{\text{теор}}$ (кг) можно определить по формуле

$$L_{\text{теор}} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{23,2}. \quad (2.13)$$

Если количество воздуха выражают в объемных единицах, то уравнение делят на плотность воздуха при нормальном состоянии (температура 0°C и давление 101,3 кПа), равную 1,293. Тогда теоретическое количество воздуха (м^3) выразится так

$$L_{\text{теор}} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{30}. \quad (2.14)$$

Однако в реальных условиях невозможно добиться полного сгорания топлива при наличии теоретически необходимого количества воздуха. Поэтому в двигатели внутреннего сгорания и другие установки подают несколько большее по сравнению с теоретическим количество воздуха, называемое **действительным**.

Действительное количество воздуха при сгорании топлива определяют с помощью специальных газовых счетчиков или по **коэффициенту избытка воздуха α**

$$\alpha_{\text{дв}} = L_{\text{действ}} / L_{\text{теор}}. \quad (2.15)$$

Коэффициентом избытка воздуха α называется отношение количества воздуха, действительно израсходованного на сгорание топлива $L_{\text{действ}}$, к ко-

личеству воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания топлива $L_{\text{теор}}$. Значение α зависит от вида применяемого топлива, условий его сжигания, конструкции двигателя или топочного устройства (таблица 2.1).

В зависимости от соотношения воздуха и топлива может быть несколько видов горючей смеси. Если полное сгорание происходит с расчетным количеством воздуха, то коэффициент избытка равен единице ($\alpha = 1$), а смесь называют нормальной. Когда α больше единицы ($\alpha > 1$), смесь бедная, а меньше единицы ($\alpha < 1$) – богатая. При значениях α близких к единице смесь называют обедненной или обогащенной.

Режимная работа двигателя, как на бедных, так и на богатых смесях невыгодна. В первом случае скорость горения и температура снижаются, двигатель не развивает нужной мощности. Во втором случае образуются продукты неполного сгорания топлива, расход топлива увеличивается, а мощность падает. Для двигателей всех типов и режимов работы нужно обеспечить сгорание топлива с меньшим коэффициентом избытка воздуха.

Коэффициент избытка воздуха при неполном сгорании определяют по формуле

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{3,76 \cdot (O_2 - 0,5CO)}{N_2}}, \quad (2.16)$$

а при полном – по формуле

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{3,76 \cdot O_2}{N_2}}, \quad (2.17)$$

где O_2 , CO , N_2 – процентное содержание в продуктах сгорания кислорода, окиси углерода и азота (подсчитывают по разности, рассчитываемой по формуле (2.18)).

$$N_2 = 100 - (CO_2 + O_2 + CO). \quad (2.18)$$

Таблица 2.1 – Ориентировочные значения коэффициента избытка воздуха

Вид топлива	Коэффициент избытка воздуха α
Газообразное топливо	1,05...1,20
Бензин	0,90...1,15
Дизельное топливо	1,20...1,40
Бурый уголь, торф, дрова	1,50...2,0
Кокс, антрацит	1,40...1,60

2.4 Теплота сгорания горючей смеси

В двигателе сгорает не чистое топливо, а его смесь с воздухом. Теплота сгорания этой смеси определяется, с одной стороны, теплотой сгорания самого топлива, а с другой – количеством находящегося в нем воздуха. Смесь бензина с воздухом при полном сгорании выделяет 3430...3480 кДж/м³ или 2780...2830 кДж/кг. Однако на деле в двигателе тепла выделяется значительно меньше. Это обусловлено неоднородностью состава смеси, что приводит к различным отклонениям от стехиометрического соотношения топлива с воздухом ($\alpha = 1$) в разных местах камеры сгорания. Таким образом, теплота сгорания смеси, а не теплота сгорания топлива влияет на мощность двигателя

$$Q_{\text{гор.смеси}} = \frac{Q_{\text{низ топлива}}}{1 + \alpha \cdot L_{\text{теор}}}, \quad (2.19)$$

где $Q_{\text{низ топлива}}$ – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

α – коэффициент избытка воздуха;

$L_{\text{теор}}$ – расчетное количество воздуха, необходимого для сжигания 1 кг топлива, кг.

2.5 Задачи

2.5.1 Пример решения задачи

Задача

При сжигании 1 кг топлива получено 10300 ккал тепла и 1,3 кг паров воды. Определить максимально возможное количество тепла (в кДж), полученное при сгорании $Q_{\text{выс}}$, и количество водорода, содержащегося в топливе.

Решение

Известно, что по формуле (2.8)

$$Q_{\text{низ}} = Q_{\text{выс}} - 600q,$$

следовательно

$$Q_{\text{выс}} = Q_{\text{низ}} + 600q, \quad (2.20)$$

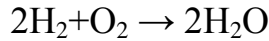
в нашей задаче $Q_{\text{низ}} = 10300$ ккал/кг, а $q = 1,3$ кг,

$$Q_{\text{выс}} = 10300 + 600 \cdot 1,3 = 11080 \text{ ккал/кг},$$

или

$$Q_{\text{выс}} = 11080 \cdot 4,1868 = 46389,7 \text{ кДж/кг.}$$

Напишем реакцию сгорания водорода (2.10) и подставим молекулярные массы:



$$4 + 32 \rightarrow 36$$

Следовательно, при сгорании 4 кг водорода соединяются с 32 кг кислорода и образуется 36 кг воды, а при сгорании 1 кг водорода образуется 9 кг воды.

При сгорании нашего топлива выделилось 1,3 кг паров воды.

Составим пропорцию и определим, какое количество водорода сгорело (x)

$$1 \text{ кг} - 9 \text{ кг};$$

$$x - 1,3 \text{ кг};$$

$$x = \frac{1,3 \cdot 1}{9} = 0,144 \text{ кг.}$$

По условию данной задачи топлива сгорело 1 кг, а в нем содержалось и сгорело 0,144 кг водорода, следовательно, это составляет 14,4 %.

Ответ: $Q_{\text{выс}} = 46389,7 \text{ кДж/кг}$; количество сгоревшего водорода составило 0,144 кг.

2.5.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 2.1

Сколько получилось продуктов сгорания при сжигании 5 кг топлива состава C_9H_{20} , если коэффициент избытка воздуха составлял $\alpha = 1,12$?

Задача 2.2

20 кг топлива состава C_8H_{18} сгорело в двигателе. Сколько потребовалось воздуха для сжигания топлива, если сгорание происходило с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,08$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3. БЕНЗИН

3.1 Общие сведения

Для ДВС с принудительным воспламенением в качестве топлива используется бензин.

Бензины – это сложная смесь легких ароматических, нафтеновых, парафиновых углеводородов и их производных с числом углеродных атомов от 4...5 до 9...10, средней молекулярной массой около 100, выкипающая в пределах 35...200 °С. Бензины – легковоспламеняющиеся бесцветные или слегка желтые жидкости. Основную массу бензина получают при переработке нефти (прямая перегонка, термический и каталитический крекинг) или нефтяных газов. Бензины – легколетучие жидкости, температура вспышки минус 20...40 °С, застывания – ниже минус 60 °С. Кинематическая вязкость бензина примерно вдвое меньше чем у воды.

3.2 Задачи

3.2.1 Пример решения задачи

Задача

Бензин следующего состава: С = 85,6 %, Н = 14,2 %, S = 0,1 %, O = 0,1 %, сгорал в двигателе. Состав выхлопного газа: CO₂ = 11,5 %, O₂ = 3,2 %, CO = 1,0%. Определить Q_{гор.смеси}.

Решение

Определим Q_{низ}, бензина по формуле Менделеева

$$Q_{\text{низ}} = 81C + 246H - 26 \cdot (O - S), \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{низ}} = 81 \cdot 85,6 + 246 \cdot 14,2 - 26 \cdot (0,1 - 0,1) = 10426,8 \text{ ккал/кг},$$

или

$$10426,8 \cdot 4,1868 = 43654,9 \text{ кДж/кг}.$$

Определим коэффициент избытка воздуха α . Определяем количество азота (N₂) содержащегося в выхлопном газе по формуле (2.18)

$$N_2 = 100 - (CO_2 + O_2 + CO) = 84,3 \text{ \%}.$$

Поскольку в выхлопном газе содержатся кислород и окись углерода, то для подсчета α воспользуемся формулой (2.16)

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{3,76 \cdot (3,2 - 0,5 \cdot 1,0)}{84,3}} = 1,137$$

Определяем $Q_{\text{гор.смеси}}$ (2.19)

$$Q_{\text{гор.смеси}} = \frac{Q_{\text{низтоплива}}}{1 + \alpha \cdot L_{\text{теор}}},$$

Для этого по формуле (2.13) найдем $L_{\text{теор}}$

$$L_{\text{теор}} = \frac{2,67 \cdot 85,6 + 8 \cdot 14,2 + 0,1 + 0,1}{23,2} = 14,75 \text{ кг/кг},$$

$$Q_{\text{гор.смеси}} = \frac{10426,8}{1 + 1,136 \cdot 14,6} = 587,23 \text{ ккал/кг} = 2458,61 \text{ кДж/кг}.$$

Ответ: $Q_{\text{гор.смеси}} = 2458,61 \text{ кДж/кг}$

3.2.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 3.1

Определить теплоту сгорания бензина и его нормальной рабочей смеси следующего состава: С = 85,5 %; Н = 13,5 %; S = 0,6 %; О = 0,4 %.

Задача 3.2

Определить теплоту сгорания $Q_{\text{гор.смеси}}$ 5 л нормальной смеси углеводорода C_8H_{16} , имеющего $\rho_4^{20} = 0,740$.

Задача 3.3

Определить теплоту сгорания нормальной смеси 10 л бензина состава C_7H_{16} с удельным весом 0,736.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4. ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

4.1 Общие сведения

Дизельное топливо – это нефтяная фракция, основу которой составляют углеводороды с температурами кипения в пределах от 200 до 350 °С. Дизельное топливо – прозрачная, более вязкая, чем бензин, жидкость. Его окраска зависит от содержащихся смол и меняется от желтого до светло-коричневого цвета.

4.2 Задачи

4.2.1 Пример решения задачи

Задача

Определить действительно израсходованное количество воздуха $L_{\text{действ}}$ в кг и м^3 при сгорании 15 кг дизельного топлива следующего состава: $C = 85,2 \%$, $H = 13,7 \%$, $S = 0,74 \%$, $W = 0,1 \%$, остальное – кислород. Состав выхлопного газа: $\text{CO}_2 = 11,2 \%$, $\text{O}_2 = 4,6 \%$, $\text{CO} = 0,3 \%$, $\text{SO}_2 = 0,5 \%$.

Решение

Определим содержание кислорода в дизельном топливе

$$O = 100 - (C + H + S + W) \quad (4.1)$$

$$O = 100 - (85,2 + 13,7 + 0,74 + 0,1) = 0,26 \%$$

Подсчитаем расчетное количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг дизельного топлива $L_{\text{теор}}$ в кг и м^3 (2.14)

$$L_{\text{теор}} = \frac{2,67 \cdot 85,2 + 8 \cdot 13,7 + 0,74 - 0,26}{23,2} = 14,55 \text{ кг/кг.}$$

Расход воздуха в м^3 будет

$$14,55 / 1,293 = 11,24 \text{ м}^3.$$

Определим коэффициент избытка воздуха α . В продуктах сгорания содержатся окислы серы (SO_2). Их можно прибавить к количеству углекислого газа (3-атомные газы). Определяем количество азота (N_2) содержащегося в выхлопном газе:

$$N_2 = 100 - (CO_2 + SO_2 + O_2 + CO), \quad (4.2)$$

$$N_2 = 100 - (11,2 + 0,5 + 4,6 + 0,3) = 83,4 \text{ \%}.$$

Поскольку в выхлопном газе содержатся кислород и окись углерода, то для подсчета α воспользуемся формулой (2.16)

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{3,76 \cdot (4,6 - 0,5 \cdot 0,3)}{83,4}} = 1,16$$

$L_{\text{действ}}$ определим из формулы (2.15)

$$L_{\text{действ}} = L_{\text{теор}} \cdot \alpha, \quad (4.3)$$

$$L_{\text{действ}} = 1,16 \cdot 14,55 = 16,88 \text{ кг/кг}$$

$$L_{\text{действ}} = 1,16 \cdot 11,24 = 13,04 \text{ м}^3/\text{кг},$$

Для сжигания 15 кг нужно в 15 раз больше.

Ответ: $L_{\text{действ}} = 16,88 \text{ кг/кг}$; $L_{\text{действ}} = 13,04 \text{ м}^3/\text{кг}$,

4.2.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 4.1

Сколько потребовалось воздуха для сжигания 18 кг дизельного топлива следующего состава: C = 83,1 %; H = 13,6 %; O = 2,0 %; S = 1,3 %, если анализ выхлопных газов был такой: CO₂ = 15,2 %; O₂ = 3,4 %; CO = 2,1 %?

Задача 4.2

Определить количество воздуха, израсходованного при сжигании 20 л дизельного топлива следующего состава: C = 85,4 %, H = 13,2 %, S = 0,8 %, O = 0,6 %, $\rho_4^{20} = 0,825$, если анализ продуктов сгорания дал результаты: CO₂ = 10,5 %, O₂ = 5,1 %, CO = 0,4 %, SO₂ = 0,85 %.

Задача 4.3

Дизельное топливо, состоящее из смеси равных количеств углеводородов $C_{16}H_{34}$ и $C_{10}H_7CH_3$ сгорело в двигателе с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,3$. Определить теплоту сгорания $Q_{\text{выс}}$, $Q_{\text{низ}}$, $L_{\text{действ}}$ и цетановое число.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5. ГАЗ

5.1 Виды и тепловая ценность газообразных топлив

Все газообразные топлива делят на два вида – естественные и искусственные.

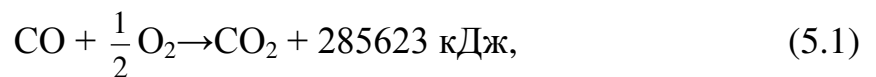
К **естественным газам** относятся легкие углеводороды, улавливаемые при добыче нефти, и природные газы чисто газовых месторождений.

Искусственные газы получают при переработке твердых и жидких топлив.

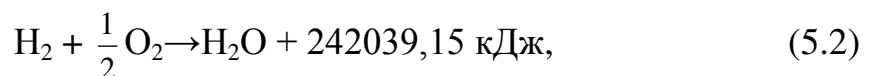
В состав горючей части входят горючие газы – окись углерода (CO), водород (H_2), метан (CH_4), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}) и др. Газообразные углеводороды с числом углеродных атомов больше единицы (тяжелее метана), но меньше пяти (пентан – жидкость) принято обозначать общей формулой C_nH_m и называть **тяжелыми углеводородами**.

Балластом газообразного топлива являются негорючие газы: пары воды (H_2O), азот (N_2), углекислый газ (CO_2), кислород (O_2), сернистый газ (SO_2) и др.

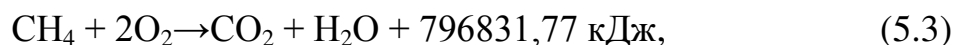
Тепловая ценность горючих составляющих газообразных топлив разная



при сгорании 1 м^3 CO выделится $12751,05 \text{ кДж/м}^3$ тепла.

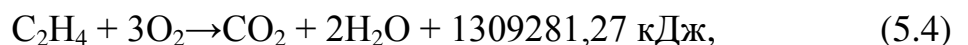


при сгорании 1 м^3 водорода выделяется $10805,32 \text{ кДж/м}^3$ тепла.



при сгорании 1 м^3 CH_4 выделяется $35572,84 \text{ кДж/м}^3$ тепла.

Для сжигания более тяжелых газообразных углеводородов требуется еще большее количество кислорода.



а при сгорании $1 \text{ м}^3 \text{ C}_2\text{H}_4$ выделяется тепло в количестве $58896,48 \text{ кДж/м}^3$.

Из приведенных данных видно, что при сгорании метана и тяжелых углеводородов выделяется значительно большее количество тепла, чем при сгорании окиси углерода и водорода.

Если известен состав газообразного топлива, то его теплоту сгорания можно подсчитать по следующим формулам

$$Q_{\text{выс}}^{\text{сух газ}} = 30,4(\text{CO} + \text{H}_2) + 95,05\text{CH}_4 + 152,4\text{C}_n\text{H}_m \text{ ккал/м}^3, \quad (5.5)$$

$$Q_{\text{низ}}^{\text{сух газ}} = 30,4\text{CO} + 25,8\text{H}_2 + 85,6\text{CH}_4 + 143\text{C}_n\text{H}_m \text{ ккал/м}^3, \quad (5.6)$$

или

$$Q_{\text{низ}}^{\text{сух газ}} = 127,51\text{CO} + 108,05\text{H}_2 + 355,73\text{CH}_4 + 588,96 \text{ кДж/м}^3. \quad (5.7)$$

Газообразное топливо по теплоте сгорания условно делят на 3 группы:

- **высококалорийное**, с теплотой сгорания более 20000 кДж/м^3 (природные газы из газовых скважин и нефтяные, получаемые из скважин попутно с нефтью и при переработке ее);
- **среднекалорийное**, с теплотой сгорания $10000 \dots 20000 \text{ кДж/м}^3$ (коксовый, светильный, водяной газы и т.п.)
- **низкокалорийное**, с теплотой сгорания до 10000 кДж/м^3 (рудничный, доменный, генераторный газы и др.).

5.2 Количество воздуха, необходимое для сгорания газообразного топлива

Теоретически необходимое количество воздуха для сжигания газообразного топлива можно определить по известному объемному составу (%) газа

$$L_{\text{теор}}^{\text{газ}} = \frac{0,5 \cdot (\text{CO} + \text{H}_2) + \left(n + \frac{m}{4}\right) \cdot \text{C}_n\text{H}_m - \text{O}_2}{21} \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (5.8)$$

где $L_{\text{теор}}^{\text{газ}}$ – теоретически необходимое количество воздуха, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

CO , H_2 , C_nH_m , O_2 – состав газа, % по объему;

21 – содержание кислорода в воздухе, % по объему.

5.3 Задачи

5.3.1 Пример решения задачи

Задача

Сколько выделилось тепла при сжигании 8 м^3 газа следующего состава: $\text{CH}_4 = 92 \%$, $\text{C}_n\text{H}_m = 2,0 \%$, $\text{H}_2 = 2,0 \%$, $\text{CO}_2 = 3,5 \%$, $\text{N}_2 = 0,5 \%$. Какой газ сгорал в горелке?

Решение

Определяем теплоту сгорания 1 м^3 газа (5.6)

$$Q_{\text{низ}}^{\text{сух газ}} = 30,4\text{CO} + 25,8\text{H}_2 + 85,6\text{CH}_4 + 143\text{C}_n\text{H}_m \text{ ккал/м}^3,$$

$$Q_{\text{низ}}^{\text{сух газ}} = 25,8 \cdot 2 + 85,6 \cdot 92,0 + 143 \cdot 2 = 8212,82 \text{ ккал/м}^3$$

Полученное количество тепла умножаем на расход газа

$$8212,92 \cdot 8 = 65702,4 \text{ ккал/м}^3$$

Ответ: По составу можно сказать, что это природный газ;

$$Q_{\text{низ}}^{\text{сух газ}} = 65702,4 \text{ ккал/м}^3.$$

5.3.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 5.1

Газообразное топливо имеет следующий состав: пропан $\text{C}_3\text{H}_8 = 94 \%$, бутан $\text{C}_4\text{H}_{10} = 2,0 \%$, этилен $\text{C}_2\text{H}_4 = 2,0 \%$, остальное – негорючие компоненты. Определить название газа, количество воздуха необходимое для полного сгорания газа, и его теплоту сгорания.

Задача 5.2

Газообразное топливо имеет следующий состав; $\text{CO} = 32 \%$; $\text{H}_2 = 13 \%$; $\text{CH}_4 = 1,2 \%$; $\text{CO}_2 = 5,0 \%$; $\text{O}_2 = 2,0 \%$; $\text{N}_2 = 46,2 \%$. Определить название газа, его теплоту сгорания и количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 м^3 газа.

Задача 5.3

Сколько выделилось тепла при сгорании 5 м^3 газа следующего состава: $\text{CH}_4 = 90 \%$; $\text{C}_n\text{H}_m = 3,0 \%$; $\text{H}_2 = 2,0 \%$; $\text{O}_2 = 1,5 \%$; $\text{CO} = 2,5 \%$. Какой газ сгорел в горелке? Какое количество воздуха необходимо для полного сгорания газа?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6. ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО

6.1 Состав топлива

К естественным видам твердого топлива относятся ископаемые угли, торф, древесина, отходы сельскохозяйственного производства, а к искусственным – кокс, полукокс, различные брикеты, древесный уголь. В твердом топливе в большом количестве содержится балласт, который резко снижает его тепловую ценность.

Влага в топливе (W) содержится в виде внешней $W^{\text{вн}}$ и внутренней или гигроскопической $W^{\text{л}}$ воды. Сумма внешней и внутренней воды дает общую или рабочую влагу топлива, которую подсчитывают по формуле

$$W^{\text{р}} = W^{\text{вн}} + \frac{W^{\text{л}} \cdot (100 - W^{\text{вн}})}{100}, \quad (6.1)$$

где $W^{\text{вн}}$ и $W^{\text{л}}$ – содержание внешней и внутренней влаги, %.

Твердое топливо, сжигаемое в топках котлов, печах и других установках, в своем составе содержит рабочую влагу, минеральные примеси и органические вещества. Такое агрегатное состояние называют **рабочей массой**

$$\text{C}^{\text{р}} + \text{H}^{\text{р}} + \text{S}^{\text{р}} + \text{O}^{\text{р}} + \text{N}^{\text{р}} + \text{A}^{\text{р}} + \text{W}^{\text{р}} = 100 \%. \quad (6.2)$$

Проводить анализ такой массы нельзя, так как топливо в помещении быстро теряет внешнюю влагу, а, следовательно, и изменяет свой состав (доходит до воздушносухого состояния). Воздушносухое топливо можно измельчать, готовить среднюю пробу и проводить различные исследования. Такая масса топлива называется **лабораторной**

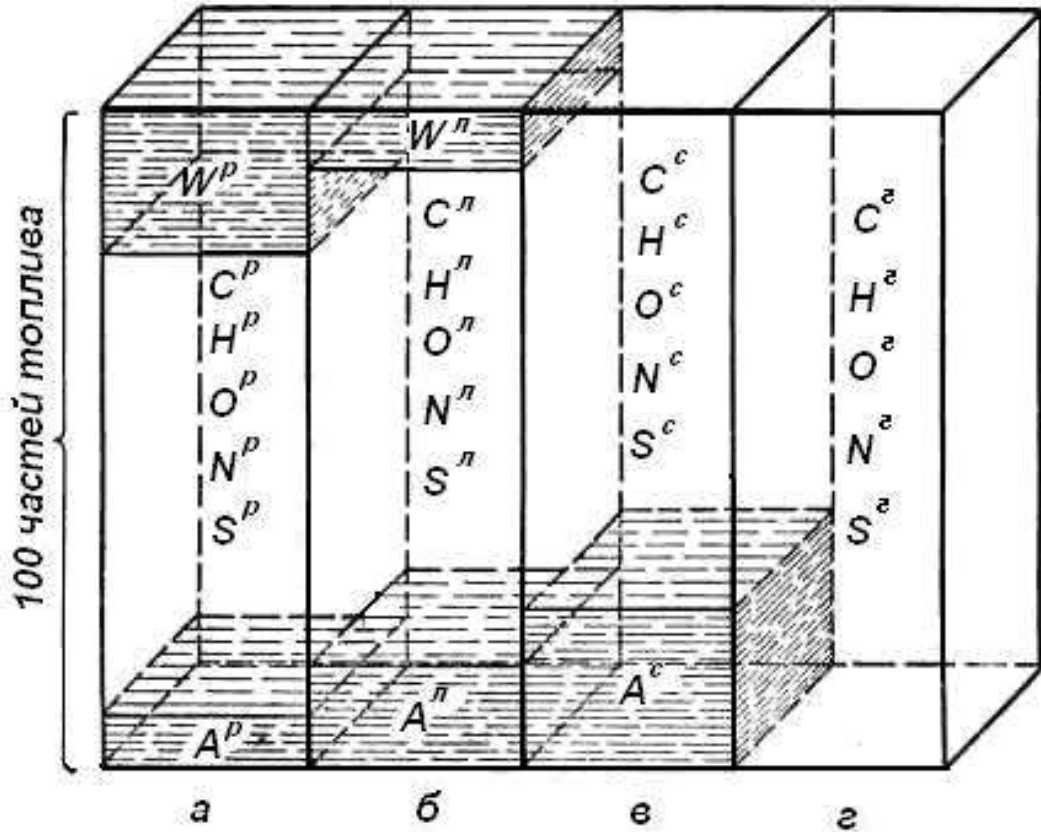
$$\text{C}^{\text{л}} + \text{H}^{\text{л}} + \text{S}^{\text{л}} + \text{O}^{\text{л}} + \text{N}^{\text{л}} + \text{A}^{\text{л}} + \text{W}^{\text{л}} = 100 \%. \quad (6.3)$$

Если топливо подвергнуть искусственной сушке, чтобы полностью удалить гигроскопическую влагу, то получится масса топлива, называемая **абсолютно сухой**

$$\text{C}^{\text{с}} + \text{H}^{\text{с}} + \text{S}^{\text{с}} + \text{O}^{\text{с}} + \text{N}^{\text{с}} + \text{A}^{\text{с}} = 100 \%. \quad (6.4)$$

Горючая масса – это топливо, не содержащее воды и золы

$$C^r + H^r + S^r + O^r + N^r = 100 \%. \quad (6.5)$$



а – рабочая масса; б – воздушносухая масса (лабораторная);
в – абсолютно сухая масса; г – горючая масса

Рисунок 6.1 – Агрегатные состояния топлив

Пересчет на рабочую массу топлива. По рисунку 6.1 видно, что разница между лабораторной массой и рабочей в составе и свойствах зависит от разного количества воды, так как в лабораторной массе содержится только внутренняя влага, а в рабочей – внутренняя и внешняя. Зная это, составляем пропорцию:

B^l содержится в 100 частях топлива – W^l , а B^p содержится в 100 частях топлива – W^p .

Откуда

$$B^p = \frac{B^l \cdot (100 - W^p)}{100 - W^l}. \quad (6.6)$$

Пересчет на абсолютно сухую массу топлива. По рисунку 6.1 сравним абсолютно сухое и воздушносухое топливо. Абсолютно сухое топливо совсем не содержит воды, а воздушносухое – содержит внутреннюю, гигроскопическую влагу. Следовательно, органического вещества в абсолютно сухом топливе больше. Составляем пропорцию:

W^n содержится в 100 частях топлива – W^n , а V^c содержится в 100 частях топлива, отсюда

$$V^c = \frac{V^n \cdot 100}{100 - W^n}. \quad (6.7)$$

Пересчет на горючую массу топлива. Горючая масса полностью лишена балласта, в ней нет ни воды, ни золы; следовательно, изменение в составе и свойствах будет тем больше, чем больше балласта в топливе. В лабораторной пробе есть влага внутренняя и зола. Сравним эти два агрегатных состояния и составим пропорцию:

V^n содержится в 100 частях топлива – $W^n - A^n$, а V^r содержится в 100 частях топлива.

Отсюда

$$V^r = \frac{V^n \cdot 100}{100 - W^n - A^n}. \quad (6.8)$$

Пользуясь полученными формулами или их производными, можно сделать любые пересчеты; только нужно помнить, что под символом V может подразумеваться любая константа топлива.

Определение золы. По стандарту золу обозначают символом A . Наверху ставят индекс, на какую массу топлива подсчитана зольность. Например, A^n – это количество золы, содержащееся в воздушносухом топливе.

Найденный процент золы, содержащийся в воздушносухом топливе, необходимо пересчитать на абсолютно сухое и рабочее топливо, так как количество золы будет меняться от того, какое количество влаги содержится в топливе. Эти пересчеты производятся по следующим формулам

$$A^c = \frac{A^n \cdot 100}{100 - W^n}, \quad (6.9)$$

$$A^p = \frac{A^c \cdot (100 - W^p)}{100}, \quad (6.10)$$

где W^n и W^p – содержание гигроскопической и рабочей влаги в топливе (берутся из первого определения).

6.2 Условное топливо

Все топлива имеют неодинаковую теплоту сгорания, так как отличаются по составу, физическим и химическим свойствам. Для сопоставления различных топлив в качестве эталона принято «условное топливо», у которого низшая теплота сгорания для жидких и твердых топлив равна 29307 кДж/кг, для газообразного топлива – 29307 кДж/м³.

Для расчетов (например, для замены одного вида топлива на другой) используют калорийный ($\mathcal{E}_{\text{кал}}$) и технический ($\mathcal{E}_{\text{тех}}$) эквиваленты

$$\mathcal{E}_{\text{кал}} = \frac{Q_{\text{н}}}{29307}, \quad (6.11)$$

$$\mathcal{E}_{\text{тех}} = \frac{Q_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}}}{29307}, \quad (6.12)$$

где $Q_{\text{н}}$ – низшая теплота сгорания топлива;

$\eta_{\text{н}}$ – средний КПД котла (используется для расчета разных топлив, применяемых в котельных установках).

Значения калорийных эквивалентов для основных видов топлив приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Значения калорийных эквивалентов

Топливо	Теплота сгорания	Калорийный эквивалент
Каменный уголь	29307	1,00
Бензин	45216	1,57
Диз. топливо	42704	1,45
Газ природный	35586	1,21

6.3 Задачи

6.3.1 Пример решения задачи

Задача

В топке сгорело 20 кг топлива влажностью $W^{\text{BH}} = 12\%$ и $W^{\text{П}} = 16\%$. Определить рабочую влажность топлива W^{P} . Сколько затрачено тепла на ее испарение и сколько осталось золы при сжигании топлива, если $A^{\text{c}} = 9,1\%$?

Решение

Определяем W^{P} (6.1)

$$W^p = W^{вн} + \frac{W^л \cdot (100 - W^{вн})}{100} = 26,1\%.$$

Находим количество воды, получающейся при сжигании 20 кг топлива

$$26,1 - 100,$$

$$x - 20,$$

$$x = 5,22 \text{ кг.}$$

Принимаем, что на испарение 1 кг затрачивается 600 ккал, следовательно, всего будет затрачено тепла па испарение воды

$$Q = 5,22 \cdot 600 = 3132 \text{ ккал.}$$

Определяем содержание золы на рабочую массу топлива (6.10)

$$A^p = \frac{A^c \cdot (100 - W^p)}{100} = 6,72\%.$$

Общее количество золы будет

$$A = \frac{6,72 \cdot 20000}{100} = 1344 \text{ г, или } 1,344 \text{ кг.}$$

Ответ: $W^p = 26,1\%$. Затрачено тепла 3132 ккал; останется золы 1,314 кг.

6.3.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 6.1

Определить процентный состав рабочей массы топлива с $W^p = 23\%$, если $C^c = 58\%$; $H^r = 5,3\%$; $O^r = 30\%$; $S^r = 1,15\%$ и $A^c = 8,8\%$.

Задача 6.2

Определить $Q_{выс}^p$ и $Q_{низ}^p$ для топлива следующего состава: $C^p = 39\%$; $H^p = 4,0\%$; $O^p = 24\%$; $W^p = 22,5\%$; $S^p = 10\%$.

Задача 6.3

При исследовании в лаборатории получены такие анализы: $W^{BH} = 15,0 \%$; $W^I = 18,0 \%$; $A^I = 12,5 \%$; $C^I = 38,0 \%$; $H^I = 5,0 \%$; $S^I = 0,5 \%$; $O^I = 26,0 \%$. Определить состав и теплоту сгорания рабочей массы топлива.

Задача 6.4

Теплота сгорания сырых дров при $W^P = 53 \%$ составила 2200 ккал. Как изменилась теплота сгорания, если дрова высохли до $W = 22 \%$?

Задача 6.5

Торф следующего состава ($W^P = 33 \%$; $C^P = 32 \%$; $H^P = 3,8 \%$; $O^P = 26 \%$) намок под дождем до $W^{P1} = 56 \%$. Определить теплоту сгорания воздушно-сухого и намочшего торфа.

Задача 6.6

Топливо следующего состава: $C^P = 32\%$; $H^P = 2,5\%$; $O^P = 15\%$; $S^P = 0,5\%$; $A^P = 8,5\%$ и $W^P = 42\%$ – высохло на воздухе до $W_1^P = 20\%$. Как изменилась его теплота сгорания?

Задача 6.7

Состав горючей массы топлива: $C^T = 84 \%$; $H^T = 4,5 \%$; $O^T = 9,9 \%$; $S^T = 1,5 \%$; $N^T = 0,1 \%$. Содержание золы $A^c = 6,9 \%$. Содержание воды $W^{BH} = 7,0 \%$ и $W^I = 5,5 \%$. Летучих $V = 22 \%$. Кокс – спекающийся, сплавленный, плотный. Подсчитать низшую теплоту сгорания на рабочую массу $Q_{низ}^P$ и определить, сколько требуется воздуха для сжигания 1 кг топлива?

Задача 6.8

Дан торф следующего состава: $C^P = 32 \%$, $H^P = 3,8 \%$, $A^P = 1,2 \%$, $O^P = 21 \%$ и влажностью $W^P = 42\%$. При сушке влажность снизилась до $W_1^P = 23 \%$.

Определить, как изменилась теплота сгорания после сушки?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7. МАСЛА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТРАНСМИССИЙ

7.1 Назначение и требования, предъявляемые к моторным маслам

Масла, применяемые в смазочных системах двигателей внутреннего сгорания, называются моторными маслами.

Главное назначение моторных масел – снижать износ деталей двигателя за счет создания на поверхности трущихся деталей прочной масляной пленки. Помимо этого, моторные масла должны обеспечивать уплотнение зазоров в деталях цилиндропоршневой группы, отвод тепла и удаление продуктов износа из зон трения, защиту рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозии, а также способствовать облегчению пуска двигателей при низких температурах. Моторные масла должны предотвращать образование всех видов отложений на деталях двигателя при его работе на различных режимах, обеспечивать высокую стойкость против окисления в процессе работы, а также при длительном хранении. Кроме того, моторные масла должны обеспечивать минимальный расход при работе двигателя и максимальный срок службы до замены без ущерба для надежности двигателя, обладать хорошей вязкостно-температурной характеристикой, высокой моуще-диспергирующей способностью.

7.2 Назначение и свойства трансмиссионных масел

Масла, служащие для смазывания коробок передач, раздаточных коробок, дифференциалов, механизмов рулевого управления, представляющих собой зубчатые передачи – цилиндрические, конические, червячные, гипоидные и другие, называются трансмиссионными.

Трансмиссионные масла должны иметь хорошие противоизносные, противозадирные и противопиттинговые свойства, характеризоваться полой вязкостно-температурной кривой, низкой температурой застывания, обладать хорошей термической и термоокислительной стабильностью, а также высокой стабильностью при хранении, минимально воздействовать на резинотехнические уплотнительные материалы, не допуская их разрушения, иметь хорошие антикоррозионные свойства, не содержать механические примеси и воду.

Противоизносные и противозадирные свойства – основная характеристика трансмиссионных масел. Масла с такими свойствами обладают высокой смазывающей способностью, при которой на трущихся поверхностях зубьев шестерен создается прочная пленка, предотвращающая сваривание и задиранье микронеровностей. Эта способность определяется наличием поверхностно-активных веществ, содержащихся в наибольшем количестве в остаточных нефтепродуктах, из которых получают трансмиссионные масла. Кроме того, для повышения противозадирных свойств в масла вводят специальные присадки, содержащие соединения хлора, фосфора, серы и цинка. Эти

вещества при большом давлении и высокой температуре образуют пленки оксидов, предохраняющие металл от схватывания в точках контакта.

7.3 Задачи

7.3.1 Пример решения задачи

Задача

Масло удельного веса 0,918 имеет кинематическую вязкость $\nu_{50} = 112$ сСт, $\nu_{100} = 15,4$ сСт. Определить вязкость масла при 0°C и $+20^\circ\text{C}$. (пользуясь приложением Б).

Решение

Расчет производится по номограмме, приведенной на рисунке Б.1 в приложении Б, следующим путем. На правой вертикальной ординате находим температуру 50°C ; на противоположной стороне находим кинематическую вязкость, равную 112 сСт, эти две точки соединяем прямой линией от шкалы температур до шкалы вязкостей. Точно так же находим следующие точки: температуру 100°C и соответствующее ей значение вязкости 15,4 сСт. Эти точки соединяем прямой. Отмечаем точку пересечения двух построенных прямых (на номограмме прямые показаны сплошными линиями). Нужно определить вязкости при 0°C и $+20^\circ\text{C}$. Для этого на шкале температур находим нужные нам температуры и через точку пересечения двух прямых проводим прямую до шкалы вязкости, где и читаем ответ (на номограмме прямые проведены пунктирными линиями).

Ответ: $\nu_{20} = 800$ сСт; $\nu_0 = 9000$ сСт.

7.2.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 7.1

Масло марки М-14 имеет $\nu_{50}=78$ сСт. Определить его вязкость при -10°C и 0°C .

Задача 7.2

Имеются два масла с одинаковой вязкостью при 100°C , равной 7,9 сСт. Вязкость первого масла при 50°C составляет 65, а второго – 40 сСт. Какое масло более пригодно для зимней эксплуатации, и какой у них индекс вязкости?

Задача 7.3

Определить марку масла, если известны следующие данные: $\nu_{100} = 10 \dots 11$ сСт, индекс вязкости 120, щелочное число 5 мг КОН/г, зольность 0,9%, температура застывания -38°C .

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА. УВЯЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

8.1 Назначение и классификация тары

Упаковка – это средство или комплекс средств, обеспечивающих защиту груза от повреждений и потерь, вредного воздействия окружающей среды, загрязнения и облегчающих процесс обращения с грузом, включая хранение, транспортирование, перегрузку и реализацию продукции. Основными элементами упаковки являются тара, упаковочные материалы, средства консервации.

В состав упаковки входят наружная тара, система запираения, в случае необходимости перегородки, обвязки, амортизаторы, водонепроницаемые ограждения, ленты, а также нанесение транспортной маркировки.

Тара является одним из важнейших элементов упаковки и представляет собой изделие для размещения продукции. Классификацию транспортной тары можно представить в виде схемы рисунка. 8.1.

Потребительская тара предназначена для первичного упаковывания изделий и товаров в расфасовке по объему и массе, удобной потребителю. Такая тара переходит вместе с товаром в собственность потребителя и может быть индивидуальной (для упаковывания одного изделия), порционной (для размещения определенного количества продукции), подарочной, отличающейся красочным, ярким оформлением.

Групповая тара служит для комплектации и укрупнения партий изделий, особенно мелкоштучных, предварительно упакованных в потребительскую тару или без нее, и также защищает товары от воздействий агрессивных факторов окружающей среды и механических нагрузок, обладая амортизирующими свойствами.

Производственная тара используется для упаковывания, перемещения и хранения полуфабрикатов, запасных частей, готовой продукции, комплектующих и т.п., внутри или между заводами и организациями. Данный вид тары изготавливают чаще всего из металла, хотя встречается пластиковая и деревянная, поскольку ей необходимо выдерживать большие механические нагрузки и иметь длительный срок службы.

Транспортная тара образует самостоятельную транспортную единицу или часть укрупненной транспортной единицы, которая применяется для упаковывания товаров и изделий, предварительно уложенных в потребительскую, групповую тару или без первичной упаковки.



Рисунок 8.1 – Классификация тары

Тара-оборудование представляет собой специальное изделие, предназначенное для укладки, транспортирования, временного хранения и продажи товаров методом самообслуживания.

Одноразовая тара предназначена для однократного перемещения продукции, когда ее возврат невозможен или экономически невыгоден, а также при выполнении поставок при отсутствии регулярных связей между поставщиками продукции и ее потребителями.

Многооборотная тара предназначается для многократного использования и должна выдерживать значительные повторяющиеся механические нагрузки.

В зависимости от формы существуют следующие виды транспортной тары: ящики, бочки, барабаны, фляги, канистры, баллоны, мешки и т.д.

8.2 Основные принципы расчета прочности транспортной тары

Прочность транспортной тары в значительной степени определяет сохранность груза в процессе перевозки. На прочность тары определяющее влияние оказывают:

- характер груза и его допустимая масса в единице тары;
- размер тары и ее отдельных деталей;
- механические свойства материала, используемого для изготовления тары;
- условия выполнения перевозок с точки зрения воздействия внешних факторов.

При планировании использования тары определяют возможные статические нагрузки при штабелировании, динамические и вибрационные нагрузки, возникающие при механическом формировании и расформировании транспортируемых пакетов, выполнении перегрузочных операций и т.п.

Статическое сжимающее усилие, H , которое должна выдерживать тара, находящаяся в нижнем ряду штабеля:

$$P_{\text{сж}}^{\text{ст}} = \frac{g \cdot Q \cdot (H - h)}{h}, \quad (8.1)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

Q – масса тары с грузом, кг;

H – высота штабеля (штабелирования), м;

h – высота единицы тары (ящика, коробки), м.

Высоту штабеля H устанавливают в нормативно-технической документации для конкретных видов продукции с учетом свойств упаковки и необходимости полного использования вместимости или грузоподъемности транспортных средств. Если высота штабеля не установлена, ее принимают равной не менее 600 см для деревянной тары и не менее 250 см для картонной.

Динамические нагрузки учитывают, когда в процессе перевозки на груз действуют вертикальные и горизонтальные (продольные и поперечные) инерционные силы, H

$$P_{\text{в}} = a_{\text{в}} \cdot Q \cdot (n_{\text{в}} - 1), \quad (8.2)$$

$$P_{\text{пр}} = a_{\text{пр}} \cdot Q \cdot (n_{\text{пр}} - 1), \quad (8.3)$$

$$P_{\text{п}} = a_{\text{п}} \cdot Q \cdot (n_{\text{п}} - 1), \quad (8.4)$$

где a_v , $a_{пр}$, $a_{п}$ – ускорение, действующее в вертикальном, продольном и поперечных направлениях соответственно, $м/с^2$;

$П_v$, $П_{пр}$, $П_{п}$ – количество грузовых единиц соответственно в вертикальном, продольном и поперечном направлениях штабеля, размещенного в кузове ПС.

При перевозках проблемы с прочностью чаще всего возникают с тарой, изготовленной из менее стойких к внешним воздействиям материалов (например, из картона), поэтому в качестве примера остановимся на расчете такого типа тары.

При расчете сжимающих усилий, которые должна выдерживать картонная тара при штабелировании, учитывают коэффициент запаса K_3 , который зависит от продолжительности хранения груза. Если срок хранения в нормативно-технической документации не оговорен, K_3 принимают равным 1,85. При небольших сроках хранения для коэффициента запаса могут приниматься более низкие значения: при хранении до 30 суток $K_3 = 1,6$, от 30 до 100 суток $K_3 = 1,65$.

Усилие сжатия, H , рассчитывают по формуле

$$P_{сж} = \frac{K_3 \cdot g \cdot Q \cdot (H - h)}{h} . \quad (8.5)$$

Сопротивление сжатию, H , картонной тары зависит от параметров ящика и прочности гофрированного картона при торцевом сжатии:

$$P_{сж}^{сопр} = 2,55 \cdot P_T \cdot \sqrt{\delta \cdot z} , \quad (8.6)$$

где P_T – торцевая жесткость, $Н/мм$;

δ – толщина картона, $мм$;

z – периметр ящика, $мм$.

Значения торцевой жесткости картонной тары в зависимости от используемой марки картона приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Торцевая жесткость картонной тары

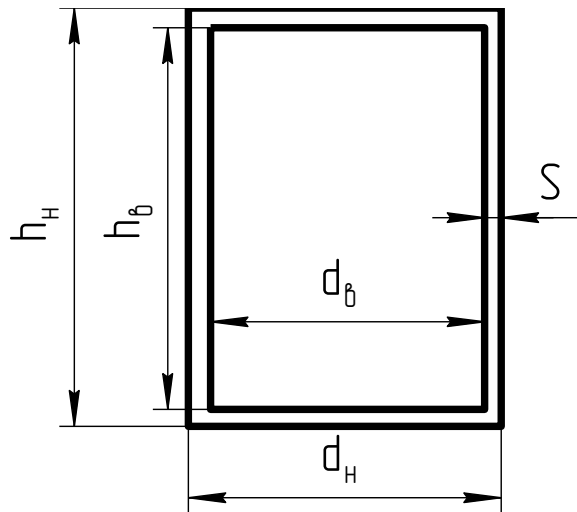
Марка картона	P_T , $Н/мм$	Марка картона	P_T , $Н/мм$
T0	5,4	T4	2
T1	4	П1	10
T2	3,6	П2	8
T3	3	П3	6

Рассмотрим расчет прочности картонного барабана (рис. 8.2).

Сжимающие усилия, H , которые должен выдерживать барабан, рассчитывают по формуле

$$P_{\text{сж.б}} = \frac{K_3 \cdot g \cdot Q \cdot (H - h_H)}{h_H}, \quad (8.7)$$

где h_H – наружная высота барабана, м;
 Q – масса груза (массой тары пренебрегают), кг.



d_B, d_H – внутренний и наружный диаметр барабана соответственно;
 h_B, h_H – внутренняя и наружная высота барабана соответственно; S – толщина стенки барабана

Рисунок 8.2 – Картонный барабан

Массу груза, кг, в барабане определяют по формуле

$$Q = 0,25 \cdot \pi \cdot d_B^2 \cdot h_B \cdot \rho_0, \quad (8.8)$$

где d_B – внутренний диаметр барабана, м;
 h_B – внутренняя высота барабана, м;
 ρ_0 – объемная масса груза (плотность), кг/м³.

Подставляя формулу (8.8) в (8.7) и допуская $H \gg h_H$ и $h_B \approx h_H$, получим

$$P_{\text{сж.б}} = 0,25 \cdot K_3 \cdot g \cdot \pi \cdot d_B^2 \cdot \rho_0 \cdot H. \quad (8.9)$$

Сопротивление сжатию барабана определяется по формуле

$$P_{сж.б}^{сопр} = K_{кл} \cdot \pi \cdot d_b \cdot \mu \cdot n, \quad (8.10)$$

где $K_{кл}$ – коэффициент учитывающий жесткость клеевого слоя;
 μ – жесткость барабана по кольцу, Н/мм;
 n — количество слоев картона.

8.3 Задачи

8.3.1 Пример решения задачи

Задача

Определить высоту складирования картонных коробок массой 28 кг, размерами $400 \times 300 \times 200$ мм. Толщина картона 2,4 мм, марка картона ТЗ, продолжительность хранения в штабеле 28 суток.

Решение

Для того чтобы коробка, находящаяся в нижнем ряду штабеля, не деформировалась под весом верхних коробок, ее сопротивление сжатию $P_{сж}^{сопр}$ должно быть больше или равно сжимающему усилию верхних коробок $P_{сж}$. Максимальную высоту складирования можно определить из условия $P_{сж}^{сопр} = P_{сж}$, $P_T = 3$ Н/мм (см. табл. 8.1), $K_3 = 1,6$.

Высоту складирования получим из формулы (8.5)

$$H = \frac{h \cdot P_{сж}}{(K_3 \cdot g \cdot Q) + h} \quad (8.11)$$

Сжимающее усилие по формуле (8.6)

$$P_{сж} = P_{сж}^{сопр} = 2,55 \cdot 3 \cdot \sqrt{2,4 \cdot 1400} = 443 \text{ Н/мм.}$$

Высота складирования

$$H = 200 \cdot 443 / (28 \cdot 9,8 \cdot 1,6) + 200 = 400 \text{ мм} = 0,4 \text{ м.}$$

Количество коробок в штабеле

$$n_{я} = \frac{400}{200} = 2 \text{ коробки.}$$

8.3.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 8.1

Определить массу груза и сжимающее усилие на барабан, если толщина дна барабана 4 мм, крышки и стенки – 3 мм. Наружный диаметр барабана равен 320 мм, наружная высота 360 мм, плотность груза $0,72 \text{ т/м}^3$ (720 кг/м^3). Барабаны находятся в штабелях 10 суток, высота штабеля 3 м.

Задача 8.2

Определить внутренний диаметр барабана, если плотность груза $0,85 \text{ т/м}^3$ (850 кг/м^3), жесткость картона по кольцу $1,2 \text{ Н/мм}$ ($1,2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$), коэффициент жесткости клеевого слоя $K_{\text{кл}} = 1,1$, высота штабеля 2,8 м, количество слоев картона $n = 3$, время хранения барабанов в штабеле 20 суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для вузов / Л.С. Васильева. – М.: Наука-Пресс, 2003. – 421 с.
2. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы / А.В. Кузнецов. – М.: КолосС, 2005. – 199 с.
3. Стребков С.В. Применение топлива, смазочных материалов и технических жидкостей в агропромышленном комплексе: Учебное пособие / С.В. Стребков, В.В. Стрельцов. – Белгород: Белгородская ГСХА, 1999. – 404 с.
4. Итинская Н.И. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям / Н.И. Итинская, Н.А. Кузнецов. – М.: Агропромиздат, 1989. – с.
5. Лышко Г.П. Топливо и смазочные материалы / Г.П. Лышко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
6. Зацаринный В.А. Эксплуатационные материалы. Лабораторный практикум: Учебное пособие / В.А. Зацаринный, Н.Н. Николаев, А.Ф. Бельц, В.И. Атанова. – 2-е изд., перераб. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 135 с.
7. Васильева Л.С. Топлива, смазочные материалы и специальные жидкости: Показатели качества. Классификации. Ассортимент. Лабораторные работы: Учебное пособие / Л.С. Васильева, Ю.В. Панов, А.А. Хазиев. – М.: Наука-Пресс, 2005. – 120 с.
8. Москвитин Е.В. Эксплуатационные материалы: Учебное пособие / Е.В. Москвитин. – Томск: Изд. ТГАСУ, 2005. – 204 с.
9. Олещенко Е.М. Основы грузоведения: Учебное пособие / Е.М. Олещенко, А.Э. Горев. – М.: Издательский центр Академия, 2005. – 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ

Ответ к задаче 1.1: Общая жесткость 3,64 мг-экв/л, щелочность 1,457 мг-экв/л. Вода средней жесткости, перед использованием ее нужно умягчить.

Ответ к задаче 1.2: Общая жесткость 6,81 мг-экв/л, карбонатная жесткость 3,77 мг-экв/л. Вода средней жесткости.

Ответ к задаче 2.1: 91,5 кг.

Ответ к задаче 2.2: Количество воздуха 334 кг.

Ответ к задаче 3.1: $Q_{\text{низ}} = 10251,7$ ккал/кг, а $Q_{\text{раб.смеси}} = 661,4$ ккал/кг.

Ответ к задаче 3.2: $Q_{\text{гор.смеси}} = 10255,1$ кДж/кг

Ответ к задаче 3.3: $Q_{\text{гор.смеси}} = 4909,12$ ккал.

Ответ к задаче 4.1: $L_{\text{действ}} = 281$ кг.

Ответ к задаче 4.2: $L_{\text{действ}} = 303,1$ кг.

Ответ к задаче 4.3: $Q_{\text{выс}} = 10524,3$ ккал/кг, $Q_{\text{низ}} = 9926,6$ ккал/кг, $L_{\text{действ}} = 18,3$ кг/кг, цетановое число равно 50 единицам.

Ответ к задаче 5.1: Газ сжиженный – пропан технический, $L_{\text{теор}} = 20,23$ м³/м³, $Q_{\text{низ}}^{\text{сух газ}} = 14014$ ккал/м³.

Ответ к задаче 5.2: $Q_{\text{низ}}^{\text{сух газ}} = 1410$ ккал/нм³; $L_{\text{теор}}^{\text{газ}} = 1,09$ м³/м³. Газ низкокалорийный генераторный (смешанный).

Ответ к задаче 5.3: Газ природный; $Q_{\text{низ}}^{\text{сух газ}} = 41203$ ккал/м³; $L_{\text{теор}}^{\text{газ}} = 8,75$ м³/м³.

Ответ к задаче 6.1: $A^p = 6,76$ %; $C^p = 44,6$ %, $H^p = 3,72$ %, $O^p = 21,11$ %, $S^p = 0,81$ %.

Ответ к задаче 6.2: $Q_{\text{выс}}^p = 3779$ ккал/кг; $Q_{\text{низ}}^p = 3644$ ккал/кг.

Ответ к задаче 6.3: $W^p = 30,3 \%$; $C^p = 32,31 \%$; $H^p = 4,25 \%$, $S^p = 0,42 \%$;
 $O^p = 22,1 \%$; $A^p = 10,62 \%$; $Q_{\text{низ}}^p = 2907$ ккал/кг.

Ответ к задаче 6.4: 1451 ккал/кг.

Ответ к задаче 6.5: $Q_{\text{низ}}^p$ при $W=33 \%$ составило 2652 ккал/кг; а $Q_{\text{низ}}^{p1}$ при $W=56 \%$ – 1742 ккал/кг.

Ответ к задаче 6.6: $Q_{\text{низ}}^p$ при $W=42\%$ составило 2586 ккал/кг; а $Q_{\text{низ}}^{p1}$ при $W=20\%$ – 3580 ккал/кг. Теплота сгорания изменилась примерно на 1000 ккал/кг.

Ответ к задаче 6.7: $Q_{\text{низ}}^p = 6184$ ккал/кг; $L_{\text{теор}} = 8,88$ кг/кг.

Ответ к задаче 6.8: Теплота сгорания увеличилась на 1090,5 ккал/кг.

Ответ к задаче 7.1: $v_0 = 1200$ сСт; $v_{-10} = 3500$ сСт.

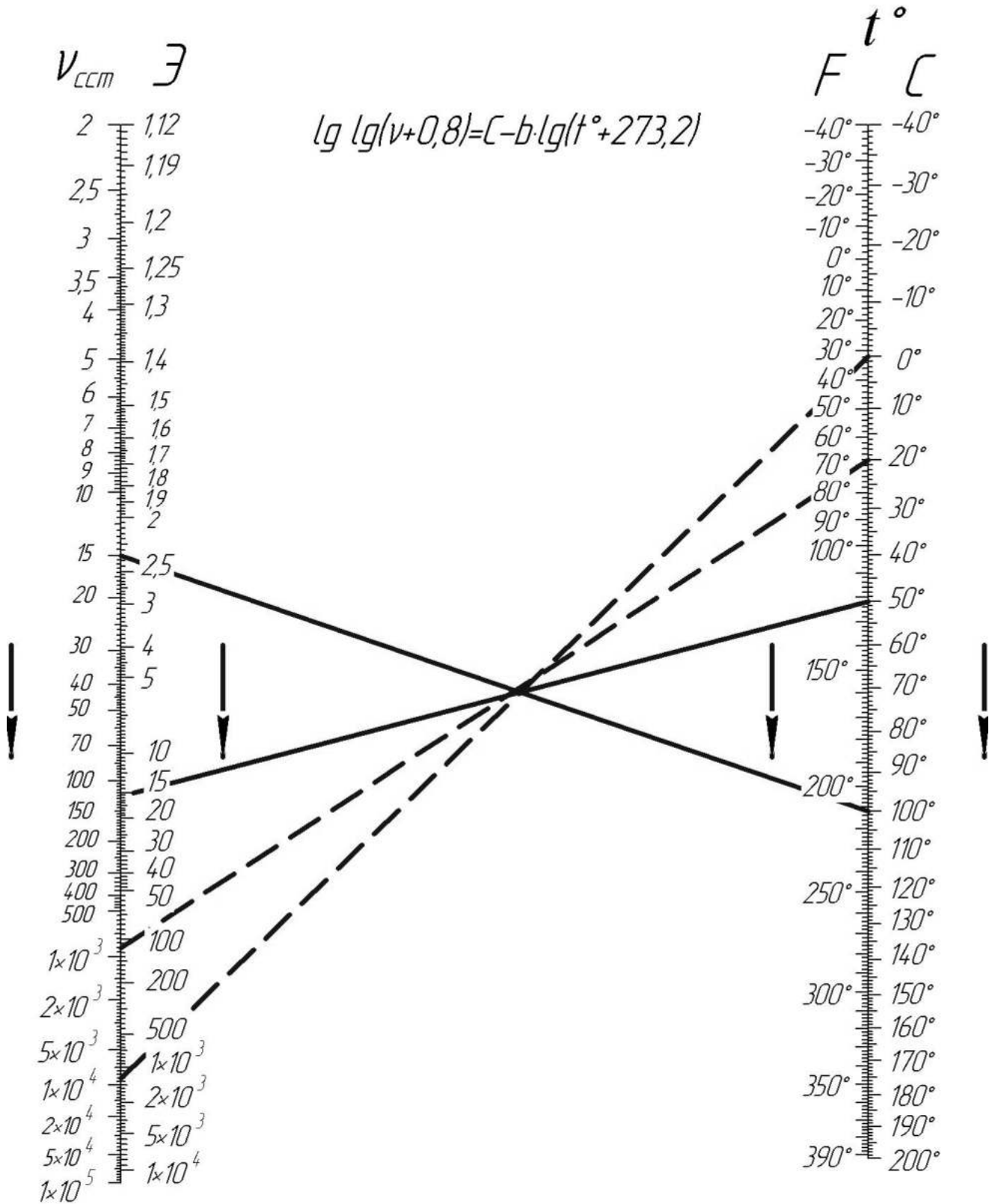
Ответ к задаче 7.2: Вязкостно-температурная кривая более пологая у первого масла, следовательно, оно более пригодно для эксплуатации в зимнее время. ИВ первого масла около 30, второго – 85.

Ответ к задаче 7.3: Моторное масло марки М-5_з/10-Г₁.

Ответ к задаче 8.1: Масса груза $Q = 19,7$ кг.

Ответ к задаче 8.2: Внутренний диаметр барабана $d_b = 424,5$ мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)



Сенькевич Анна Александровна

канд. техн. наук, доцент

Каплунов Алексей Николаевич

канд. техн. наук, доцент

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Практикум

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 01.10.2015 г.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 7,8. Тираж 15 экз. Заказ № 416.

РИО Азово-Черноморского инженерного института
ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Советская, 15.