

Тесты кафедры анатомии человека МГМСУ им. А.И. Евдокимова

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации
последствий стихийных бедствий
ФГБОУ ВПО Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС
России
Кафедра физики и теплотехники
Контрольная работа
по дисциплине «Теплотехника»
Тема: «Термодинамика и теплопередача»

Выполнил: Ханипов А.Ф.
факультет «Пожарная безопасность»,
11 курс, 112 учебная группа
Руководитель: старший преподаватель,
капитан внутренней службы, к.т.н.
Г.Е. Назаров
ИВАНОВО 2014

Введение

В настоящее время теплосиловые и тепловые установки получили широкое распространение в различных отраслях народного хозяйства. На промышленных предприятиях они составляют основную важнейшую часть технологического оборудования.

Наука, изучающая методы использования энергии топлива, законы процессов изменения состояния вещества, принципы работы различных машин и аппаратов, энергетических и технологических установок, называется теплотехникой.

Теоретическими основами теплотехники являются термодинамика и теория теплообмена.

Термодинамика опирается на фундаментальные законы (начала), которые являются обобщением наблюдений над процессами, протекающими в природе независимо от конкретных свойств тел. Этим объясняется универсальность закономерностей и соотношений между физическими величинами, получаемых при термодинамических исследованиях.

Первый закон термодинамики характеризует и описывает процессы превращения энергии с количественной стороны и дает все необходимое для составления энергетического баланса любой установки или процесса.

Второй закон термодинамики, являясь важнейшим законом природы, определяет направление, по которому протекают термодинамические процессы, устанавливает возможные пределы превращения теплоты в работу при круговых процессах,

позволяет дать строгое определение таких понятий, как энтропия, температура и т.д. В этой связи второй закон термодинамики существенно дополняет первый.

В качестве третьего начала термодинамики принимается принцип недостижимости абсолютного нуля.

В теории теплообмена изучаются закономерности переноса теплоты из одной области пространства в другую. Процессы переноса теплоты представляют собой процессы обмена внутренней энергией между элементами рассматриваемой системы в форме теплоты.

При наличии в некоторой среде неоднородного поля температур в ней неизбежно происходит процесс переноса тепла. В соответствии со вторым началом термодинамики этот перенос осуществляется в направлении уменьшения температуры (из области с большей температурой в область с меньшей). Точно так же при наличии в среде неоднородного поля концентраций некоторого i -го компонента смеси происходит процесс переноса массы этой примеси. Этот перенос также происходит в направлении уменьшения концентрации примеси. Процессы переноса тепла и массы (тепло и массообмен) могут осуществляться за счет различных механизмов. За счет хаотического теплового движения или тепловых колебаний микрочастиц (молекул, атомов, ионов) осуществляется молекулярный (микроскопический) перенос тепла (теплопроводность) или массы (молекулярная диффузия). В движущейся жидкости или газе за счет перемещения объемов среды из области с одной температурой или концентрацией в область с другой происходит конвективный (макроскопический) перенос тепла или массы, который всегда сопровождается процессом молекулярного переноса.

При турбулентном движении жидкости или газа процессы конвективного переноса тепла и массы приобретают настолько специфический характер, что их можно выделить в самостоятельный вид переноса. Этот перенос, обусловленный пульсационным характером турбулентного движения, осуществляется за счет поперечного перемещения турбулентных молей и называется турбулентной или молярной теплопроводностью (диффузией).

Теоретический вопрос №1

Термодинамический процесс -- переход термодинамической системы из одного состояния в другое, который всегда связан с нарушением равновесия системы. Например, чтобы уменьшить объем газа, заключенного в сосуде, нужно вдвинуть поршень. При этом газ будет сжиматься и в первую очередь повысится давление газа вблизи поршня -- равновесие будет нарушено. Нарушение равновесия будет тем значительнее, чем быстрее перемещается поршень. Если двигать поршень очень медленно, то равновесие нарушается незначительно и давление в разных точках мало отличается от равновесного значения, отвечающего данному объему газа. В пределе при бесконечно медленной сжатии давление газа будет иметь в каждый момент времени определенное значение. Следовательно, состояние газа все время будет равновесным, так что бесконечно медленный процесс окажется состоящим из последовательности равновесных состояний. Такой процесс называется равновесным или квазистатическим.

Обратимый процесс (равновесный) -- термодинамический процесс, который может проходить как в прямом, так и в обратном направлении, проходя через одинаковые промежуточные состояния, причем система возвращается в исходное состояние без затрат энергии, и в окружающей среде не остается макроскопических изменений.

Необратимый процесс (неравновесный) называется процесс, который нельзя провести в противоположном направлении через все те же самые промежуточные состояния. Все реальные процессы необратимы. Примеры необратимых процессов: диффузия, термодиффузия, теплопроводность, вязкое течение и др.

Переход кинетической энергии макроскопического движения через трение в теплоту, то есть во внутреннюю энергию системы, является необратимым процессом.

Рис.1 Изохорный процесс

Изохорный процесс (рис.1) -- термодинамический процесс, который происходит при постоянном объёме. Для осуществления изохорного процесса в газе или жидкости достаточно нагревать (охлаждать) вещество в сосуде, который не изменяет своего объёма. Рис.2 Изобарный процесс

Изобарный процесс (рис.2) -- термодинамический процесс, происходящий в системе при постоянном давлении и постоянной массе идеального газа. Согласно закону Гей-Люссака, при изобарном процессе в идеальном газе

.

Рис.3 Изотермический процесс

Изотермический процесс (рис.3) -- термодинамический процесс, происходящий в физической системе при постоянной температуре.

Рис.4 Адиабатный процесс

Адиабатный процесс (рис.4) -- термодинамический процесс в макроскопической системе, при котором система не обменивается теплотой с окружающим пространством.

Общий метод исследования - метод, использующий законы (начала) ТД и следствия из них (ТД построена дедуктивно: следствия, частные выводы получены из двух законов). Существует другой подход - статистический, в основе которого лежит молекулярно-кинетическая теория, квантовая механика и т.д. При термодинамическом методе исследования не рассматривается внутреннее строение изучаемых тел, а анализируются условия и количественные соотношения при различных превращениях энергии, происходящих в системе. Раздел физики, в котором физические свойства макроскопических систем изучаются с помощью термодинамического метода, называется термодинамикой. Заметим, что статистическая физика и термодинамика при малом числе частиц теряют смысл. Термодинамика имеет дело с термодинамической системой - совокупностью макроскопических тел, которые взаимодействуют и обмениваются энергией, как между собой, так и с другими телами (внешней средой). Состояние системы задается термодинамическими параметрами (параметрами состояния). Обычно в качестве параметров состояния выбирают: - объем V , м³; давление P , Па, ($P = dF_n / dS$, где dF_n - модуль нормальной силы, действующей на малый участок поверхности тела

площадью dS , $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$); термодинамическую температуру T , К ($T = 273.15 + t$). Отметим, что термодинамическая температура прежде именовалась абсолютной температурой. Понятие температуры, строго говоря, имеет смысл только для равновесных состояний. Под равновесным состоянием понимают состояние системы, у которой все параметры состояния имеют определенные значения, не изменяющиеся с течением времени. Параметры состояния, термодинамические параметры -- физические величины, характеризующие состояние термодинамической системы: температура, давление, удельный объём, намагниченность, электрическая поляризация и др. Различают экстенсивные параметры состояния, пропорциональные массе системы: объём, внутренняя энергия, энтропия, энтальпия, энергия Гиббса, энергия Гельмгольца (свободная энергия), и интенсивные параметры состояния, не зависящие от массы системы: давление, температура, концентрация, магнитная индукция и др. Не все параметры состояния независимы, так что равновесное состояние системы можно однозначно определить, установив значения ограниченного числа параметров состояния. Равновесный тепловой процесс -- тепловой процесс, в котором система проходит непрерывный ряд бесконечно близких равновесных термодинамических состояний. Равновесный тепловой процесс называется обратимым, если его можно провести обратно и в телах, окружающих систему, не останется никаких изменений. Реальные процессы изменения состояния системы всегда происходят с конечной скоростью, поэтому не могут быть равновесными. Реальный процесс изменения состояния системы будет тем ближе к равновесному, чем медленнее он совершается, поэтому равновесные процессы называют квазистатическими. Примеры равновесных процессов Изотермический процесс, при котором температура системы не изменяется ($T = \text{const}$) Изохорный процесс, происходящий при постоянном объёме системы ($V = \text{const}$) Изобарный процесс, происходящий при постоянном давлении в системе ($P = \text{const}$).

Теоретический вопрос №2

Конвективный теплообмен - совместный процесс конвекции и теплопроводности, т.к. при движении жидкости (под термином «жидкость» здесь и далее подразумевается капельная жидкость (несжимаемая жидкость) и газ (сжимаемая жидкость)) или газа неизбежно происходит соприкосновение отдельных частиц, имеющих различные температуры.

Конвективный теплообмен между потоком жидкости или газа и поверхностью твердого тела называют конвективной теплоотдачей, которая часто сопровождается теплоотдачей излучением.

К основным факторам, определяющим количество тепла, передаваемого в конвективном теплообмене, относятся:

- 1) причины возникновения движения жидкости. Самопроизвольное движение жидкости (газа) в поле тяжести, обусловленное разностью плотностей её горячих и холодных слоев, называют свободным движением (естественная конвекция). Движение, создаваемое вследствие разности давлений, которые создаются насосом, вентилятором и другими устройствами, называется вынужденным (вынужденная

конвекция).

2) режим движения жидкости. Упорядоченное, слоистое, спокойное, без пульсаций движение называется ламинарным. Беспорядочное, хаотическое, вихревое движение называется турбулентным.

3) физические свойства жидкости. В жидкостях в зависимости от их физических свойств процесс теплообмена протекает различно. На процесс теплообмена влияют следующие физические параметры жидкости: коэффициент теплопроводности (λ), теплоемкость (C_p), плотность (ρ), коэффициент температуропроводности (a_f), вязкость (η). Эти физические параметры для каждой жидкости имеют свои определенные значения и зависят, как правило, от температуры, а некоторые из них и от давления.

4) форма и размеры поверхности, участвующей в конвективном теплообмене. Существенное влияние на плотность теплового потока в конвективном теплообмене оказывают форма и размеры теплообмениваемой поверхности. Например, при движении жидкости в прямой гладкой трубе при числах Рейнольдса, меньших критического, теплообмен обуславливается ламинарным режимом движения жидкости. Если же труба имеет изгибы, местные сужения или расширения, т.е. турбулирующие факторы, то теплообмен при той же скорости движения становится более интенсивным. Интенсивность теплообмена зависит также от того, движется ли жидкость внутри замкнутого пространства или поверхность тела со всех сторон омывается жидкостью.

5) Направление теплового потока. Опыт показывает, что интенсивность конвективного теплообмена зависит от того, в каком направлении передается тепло: от жидкости к стенке или, наоборот, от стенки к жидкости. Опытные данные показывают, что теплообмен от стенки к жидкости идет интенсивнее.

Таким образом, на конвективный теплообмен влияет много факторов. В общем случае количество переданного тепла зависит от скорости и температуры жидкости, физических параметров жидкости - коэффициентов теплопроводности и температуропроводности, теплоемкости c_p , плотности, вязкости, формы, размеров канала, температуры поверхности и других факторов.

Для удобства практических расчетов Ньютоном введена формула, по которой определяется плотность теплового потока в конвективном теплообмене:

$q =$

где t_w - температура стенки, t_f - температура жидкости, α - коэффициент теплоотдачи, характеризующий условия теплообмена между жидкостью и стенкой. ($Вт/м^2$).

Эта формула действует, если тепловой поток идет от стенки к жидкости, т.е. Если же тепловой поток идет от жидкости к стенке, тогда используется следующая формула:

Представленные уравнения носят название уравнение Ньютона - Рихмана.

При кажущейся простоте это уравнение лишь немного облегчает расчеты. Основная трудность вычисления q по формуле Ньютона - Рихмана заключается в определении коэффициента теплообмена. Чтобы из большого количества процессов выделить рассматриваемый процесс и определить его однозначно, к системе дифференциальных уравнений нужно присоединить условия однозначности, т.е.

условия, которые выделяют интересующий нас процесс из числа других процессов конвективного теплообмена. Условия однозначности дают математическое описание частных особенностей рассматриваемого процесса.

Тепловые экраны - это технические устройства, устанавливаемые между излучающей и облучаемой поверхностями и служащие для защиты облучаемой поверхности от лучистой энергии.

По принципу действия тепловые экраны подразделяются на отражающие экраны и поглощающие экраны. О принципе действия говорит название экранов.

Отражающие экраны своей поверхностью отражают тепловые лучи. В качестве материала для отражающих экранов используют тонкие листы полированных металлов.

Поглощающие экраны используют принцип поглощения лучистой энергии или защищают вследствие собственного маленького теплопроводности. В качестве материала для поглощающих экранов используют кирпичную кладку, штукатурку, изоляционные материалы (совелит, вермикулит и т.д.), зеленые насаждения. Хорошим поглощающим экраном является мелкодисперсная распыленная вода. Вода нашла свое применение в качестве экрана из-за своей доступности, дешевизны, безвредности для здоровья человека (рис. 1 а).

Тепловые экраны используются для защиты объектов от лучистой энергии излучающего тела (в том числе и факела). Экраны применяются и при защите бойцов пожарной охраны во время тушения пожара (рис. 1 б). Наиболее известным применением экрана в реальных условиях является применение теплоотражающих костюмов (ТОК) (рис.2). Принцип действия ТОК заключается в отражении инфракрасного (теплого) излучения от факела пожара.

Методика расчёта отражающих экранов.

При рассмотрении задач отражающих экранов расчётными величинами являются температура экрана, необходимое число экранирующих слоёв, а также плотность теплового потока при применении 1 экрана (рис.3).

Как было отмечено выше, принцип действия тепловых экранов заключается в отражении падающей на него тепловой энергии. Это достигается за счёт свойства поверхности. При воздействии на экран высоких температур металл может потускнеть, вследствие чего утратит отражающие способности. Поэтому необходимо уметь рассчитывать температуру экрана и после сравнения с допустимой температурой для данного материала экрана сделать вывод о целесообразности его использования. Расчёт ведётся из условия, что излучающая поверхность, экран и облучаемая поверхность представляют собой систему плоскопараллельных тел.

Система плоскопараллельных тел, разделенных экраном

Опуская некоторые преобразования, приходим к формуле (1) для расчёта температуры экрана:

где: T_1 - температура излучающей поверхности;

T_2 - температура облучаемой поверхности;

- приведенная степень черноты системы «поверхность 1 - экран»;

- приведенная степень черноты системы «экран - поверхность 2».

Приведенные степени черноты соответственно рассчитываются как:

1. Плотность теплового потока с учетом 1 экрана

Целью использования экрана является снижение плотности теплового потока ниже критической плотности теплового потока.

Для расчёта теплового потока при использовании 1 экрана применяется формула, которую мы приведём без вывода.

Задача №1

Баллон с газом емкостью 85 л при давлении 6 атм. оказался в зоне очага пожара. Определить, каково будет давление газа, если его температура через некоторое повысилась до:

газ

масса, кг

температура, 0C

хлор

2

28

Дано:

$P_1 = 6 \text{ атм.} = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$

$T = 280 \text{ C} = 301 \text{ K}$

$V = 85 \text{ л} = 85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

Cl_2

$$m=2 \text{ кг}$$

Найти: P_2 - ?

Решение:

$$V=\text{const};$$

$$PV=mRT;$$

$$P_1V_1=mRT_1;$$

$$P_2V_2=mRT_2;$$

$$V_1=V_2;$$

Из (1) получим:

;

Ответ: давление газа в баллоне равно 829 кПа.

Задача №2

Компрессор подает сжатый воздух в резервуар, причем за время работы компрессора давление в резервуаре повышается от атмосферного до P_2 , а температура от 200С до t_2 . Объем резервуара 700л. Барометрическое давление, приведенное к 00С, равно 760 мм рт.ст. Определить массу воздуха, поданного компрессором в резервуар:

P_2 , МПа

t_2 , 0С

1,1

35

Дано:

$$P_2=1,1 \text{ МПа}$$

$$t_2=350\text{С}=308 \text{ К}$$

$$t_1=200\text{С}=293 \text{ К}$$

$$V=700\text{л}=0,7 \text{ м}^3$$

$P_{атм} = 760 \text{ мм.рт.ст.} = 101080 \text{ Па}$

Найти: $m(\text{возд.}) - ?$

Решение:

где: $P_1 = P_{атм} = 101080 \text{ Па}$;

$m = m_2 - m_1$;

$P_1 V = m_1 R T_1$;

$m(\text{возд.}) = 8,7 - 0,84 = 7,86 \text{ кг}$

Ответ: масса воздуха, поданного компрессором в резервуар равна 7,86 кг.

Задача №3

Горючая смесь в цилиндре двигателя, имеющая температуру 1000С, подвергается сжатию по политропе с показателем $n = 1,29$. Определить конечное давление и степень сжатия в момент, когда температура достигнет:

давление, кПа

температура, 0С

88,4

175

Дано:

$t_1 = 1000\text{С} = 373 \text{ К}$

$n = 1,29$

$P_1 = 88,4 \text{ кПа}$

$T_2 = 1750\text{С} = 448 \text{ К}$

Найти: $P_2 - ?$, $v - ?$

Ответ: Конечное давление равно 199,7 кПа; степень сжатия равна 1,88.

Задача №4

3 кг газа при давлении 400 кПа и температуре 1200С расширяется до давления 87

кПа. Определить конечную температуру, количество тепла и совершаемую работу, если расширение происходит:

газ

термодинамический процесс

хлор

изохорный

Дано:

$m=3$ кг

Cl₂ т.к. $V=\text{const}$;

$V=\text{const}$ $L=0$;

$P_1=400$ кПа $Q=?$ U ;

$t_1=1200^\circ\text{C}=393$ К

$P_2=87$ кПа

Найти: T_2 - ?; Q - ?; L - ?

$?U=C_V m \cdot (T_2 - T_1)$;

$?U=0,295 \cdot (86 - 393) = -90,565$ кДж/кг;

$Q=90,565 \cdot 3 = 271,695$ кДж

Ответ: совершаемая работа равна 0; конечная температура равна 86 К; количество тепла равно 271,695 кДж.

Заключение

Теплопередача является частью общего учения о теплоте, основы которого были заложены еще М. В. Ломоносовым в середине XVIII в., создавшим механическую теорию теплоты и основы сохранения и превращения материи и энергии. С развитием техники и ростом мощности устройств и машин роль процессов переноса тепла в различных теплообменных аппаратах значительно возросла. Окончательное

учение о теплоте - теория тепломассообмена сформировалось в самостоятельную научную дисциплину лишь в начале XX в. Значительный вклад в ее формирование внесли русские ученые М. В. Кирпичев, А. А. Гухман и советские Г. М. Кондратьев, М. А. Михеев, С. С. Кутателадзе. Большое развитие в нашей стране получила теория подобия, являющаяся по существу теорией эксперимента. Теория теплообмена - это наука о процессах переноса теплоты в пространстве с неоднородным распределением температуры. Наблюдения за процессами распространения теплоты показали, что теплообмен - сложное явление, которое можно расчленить на ряд простых, принципиально отличных друг от друга процессов: теплопроводность; конвекция; излучение.

Теплопроводность - процесс переноса теплоты (внутренней энергии), происходящий при непосредственном соприкосновении тел (или частей тела) с различной температурой. Обмен энергией осуществляется микрочастицами, из которых состоят вещества: молекулами, атомами, свободными электронами. За счет взаимодействия друг с другом быстро движущиеся микрочастицы передают свою энергию более медленным, перенося таким образом теплоту из зоны с более высокой в зону с более низкой температурой. Явление теплопроводности наблюдается во всех телах: жидких, твердых и газообразных.

Конвекция - процесс переноса теплоты, происходящий за счет перемещения больших масс (макромасс) вещества в пространстве, поэтому наблюдается только в жидких и газообразных телах. Объемы жидкости или газа, перемещаясь из области с большей температурой в область с меньшей температурой, переносят с собой теплоту.

Конвективный перенос может осуществляться в результате свободного или вынужденного движения теплоносителя. Свободное движение или естественная конвекция вызывается действием массовых (объемных) сил: гравитационной, центробежной, за счет протекания в объеме жидкости электрического тока. В приближении сплошной среды под жидкостью мы понимаем любую текучую среду (то, что отлично от твердого тела). Чаще всего в технических устройствах естественная конвекция вызывается подъемной силой, обусловленной разностью плотностей холодных и нагретых частей жидкости. Возникновение и интенсивность свободного движения определяется тепловыми условиями процесса и зависит от рода жидкости, разности температур и объема пространства, в котором происходит конвекция. Вынужденная конвекция вызывается работой внешних агрегатов (насос, вентилятор). Движущая сила при этом непосредственно связана с разностью давлений на входе и выходе из канала, по которому перемещается жидкость. Наблюдаемые в природе и технике явления теплообмена включают в себя, как правило, все элементарные способы переноса теплоты. Иногда интенсивность некоторых способов переноса тепла невелика по сравнению с другими, ею можно пренебречь, и тогда можно говорить об элементарном процессе теплообмена в чистом виде. Сочетание любых комбинаций элементарных процессов переноса тепла называют сложным теплообменом. Рассмотрим некоторые сложные явления теплообмена, часто встречающиеся на практике.

Теплоотдача или конвективный теплообмен - процесс обмена энергией между движущейся средой и поверхностью твердого тела является сочетанием передачи тепла теплопроводностью в твердой стенке и конвекцией в жидкой среде.

В реальных условиях конвекция теплоты всегда сопровождается молекулярным переносом теплоты, а иногда и лучистым теплообменом. Экспериментальное исследование процесса теплоотдачи позволило установить пропорциональность этого процесса разности температур между стенкой и жидкостью. Коэффициент пропорциональности получил название коэффициента теплоотдачи, который не является теплофизическим свойством вещества, как теплоемкость или плотность, значения которых представлены в справочных таблицах функцией температуры. Факторами, влияющими на коэффициент теплоотдачи, кроме температуры среды, являются, наличие вынужденной или свободной конвекции, их взаимное влияние; внешнее обтекание тела или движение жидкости в канале (трубе); наличие фазового перехода (кипение, конденсация); род жидкости, свойства стенки.

Теплопередача - процесс передачи тепла между двумя жидкими средами через разделяющую их твердую стенку. Как и в случае теплоотдачи, процесс теплопередачи пропорционален разности температур между двумя жидкими средами, его интенсивность характеризуется коэффициентом теплопередачи, который тоже не является теплофизическим свойством. Для передачи тепла от одной жидкой среды к другой применяют устройства - поверхностные теплообменные аппараты, одним из этапов проектирования которых является определение коэффициентов теплопередачи.

термодинамический конвективный теплообмен

Список использованной литературы

- 1) Кошмаров Ю.А., Теплотехника. - Москва: ИКЦ «Академкнига», 2006. - 501 с.: ил.
- 2) Сырбу А.А., - Термодинамика газовых систем. Учебное пособие. / Сырбу А.А. - Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2009. - 113 с.
- 3) Багажков И.В., Первый закон термодинамики. Учебное пособие. / Багажков И.В., Сторонкина О.Е. - Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2011- 69 с.
- 4) Сторонкина О.Е. Методические указания для выполнения курсовой работы по теплотехнике. / Сторонкина О.Е., Маршалов М.С. - Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2013. - 39 с.
- 5) Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2013 года. / Аналитические материалы. -М.: Департамент надзорной деятельности МЧС России, 2013.
- 6) Багажков И.В. Водяной пар. Учебное пособие / И.В.Багажков, О.Е.Сторонкина.- Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2011.-84с. Багажков И.В. Водяной пар. Учебное пособие / И.В.Багажков, О.Е.Сторонкина.-Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2011.-84с.
- 7) Сырбу А.А. Термодинамика газовых потоков. Учебное пособие - Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2009. -113 с.
- 8) Сырбу А.А. Теплопередача. Учебное пособие. / Сырбу А.А., Сторонкина О.Е. - Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2012. - 114 с.
- 9) Ульев Д.А. Теплофизика. Лучистый теплообмен. Учебное пособие. / Ульев Д.А.,

Назаров Г.Е., Маршалов М.С. - Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2014. - 86 с....