

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Кузьменко И. В.

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС

Учебно-методические указания для выполнения
лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили»
студентами инженерно-технологического факультета
по направлению подготовки:
35.03.06 Агроинженерия
профиль: Технические системы в агробизнесе
профиль: Технический сервис в АПК
по направлению подготовки:
23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы
профиль: Машины и оборудование природообустройства и
дорожного строительства

Брянская область 2019

УДК 611.43 (07)
ББК 31.365
К 89

Кузьменко, И. В. Системы охлаждения ДВС: учебно-методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили» студентами инженерно-технологического факультета по направлению подготовки: 35.03.06 Агроинженерия профиль: Технические системы в агробизнесе профиль: Технический сервис в АПК по направлению подготовки: 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы профиль: Машины и оборудование природообустройства и дорожного строительства / И. В. Кузьменко. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 16 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по изучению конструкции систем охлаждения поршневых двигателей внутреннего сгорания. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: доцент Будко С.И.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол №6 от 30 апреля 2019 года.

© Брянский ГАУ, 2019
© Кузьменко И.В., 2019

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия систем охлаждения, их ролью в работе ДВС, конструкцией деталей и механизмов которых они состоят.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ: изучить системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания с использованием учебно-методического пособия, обучающего видеofilmа, рассмотреть детали системы на разрезах макетов ДВС.

ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ: разрезные макеты ДВС, натуральные детали систем охлаждения, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС

При сгорании рабочей смеси температура газов внутри цилиндра достигает 2070-2600 К, в результате чего детали (головка, цилиндр, поршень, клапаны), соприкасающиеся с горячими газами, сильно нагреваются. Перегрев деталей двигателя может привести к снижению его мощности (вследствие ухудшения наполнения цилиндров), детонационному сгоранию, резкому ухудшению смазки трущихся деталей и, следовательно, повышению потерь на трение.

Переохлаждение деталей двигателя вызывает увеличение потерь на трение, ухудшение испарения топлива и повышение износа цилиндров, поршней и поршневых колец, что приводит к снижению мощности и ухудшению экономичности двигателя. Для обеспечения нормальной работы двигателя в его конструкции предусматривают специальные устройства для принудительного отвода теплоты от нагреваемых деталей. Совокупность таких устройств образует систему охлаждения, которая должна обеспечивать оптимальную интенсивность охлаждения и возможность поддержания температурного состояния деталей двигателя в допустимых пределах. Системы охлаждения по роду веще-

ства, отводящего теплоту (теплоносителя), бывают жидкостные, в которых в качестве теплоносителя применяют воду или этиленгликолевые антифризы, и воздушные, когда охлаждение деталей осуществляется потоком воздуха.

УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Воздушное охлаждение. При воздушном охлаждении цилиндры *б* (рис. 1, а, б) двигателя изготавливают каждый в отдельности, а для увеличения поверхности охлаждения их наружные стенки делают ребристыми.

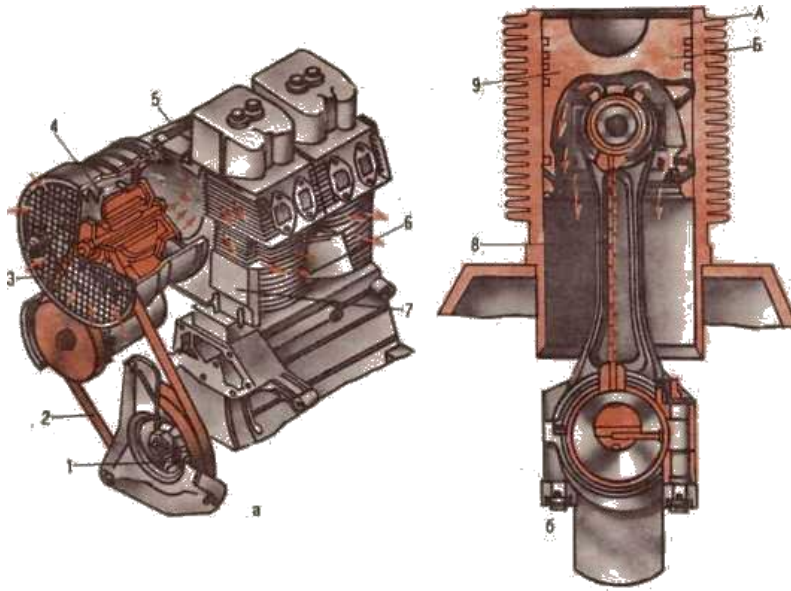


Рисунок 1 – Двигатель с воздушным охлаждением

а – устройство; *б* – охлаждение поршня, маслом; 1 – шкив коленвала; 2 – ремень; 3 – сетка; 4 – вентилятор; 5 – кожух; 6 – цилиндр; 7 – щитки; 8 – цилиндр; 9 – поршень; *А, Б* – точки замера температуры

Цилиндры окружены направляющими щитками 7 (дефлекторами), обеспечивающими равномерный обдув их воздухом. В передней части двигателя устанавливают вентилятор 4, закрытый сеткой 3, приводимый во вращение ременной передачей от шкива 1, укрепленного на коленчатом валу. При обрыве ремня 2 на щитке приборов загорается красная лампа. Действие системы за-

ключается в следующем. При работе двигателя вентилятор 4 засасывает воздух из атмосферы и нагнетает его под кожух 5, откуда он проходит между ребрами цилиндров и головок, отбирая от них излишнюю теплоту. За действием системы охлаждения наблюдают по дистанционному термометру смазочной системы. Температура масла при нормальной работе двигателя должна быть в пределах от 55 до 100°С, а максимально допустимая в тяжелых условиях – 120°С. Воздушное охлаждение достаточно хорошо обеспечивает нужный тепловой режим двигателя, работающего с полной нагрузкой, даже при температуре окружающего воздуха до + 50 °С. Двигатель с воздушным охлаждением быстро нагревается, поэтому износ его деталей во время пуска и в начальный период работы незначителен. Система охлаждения проста в эксплуатации и требует малых затрат труда на техническое обслуживание. В отличие от двигателей с жидкостным охлаждением, у двигателей с воздушным охлаждением исключается опасность размораживания: замерзания в рубашке охлаждения жидкости, её расширения при переходе в твёрдое агрегатное состояние и разрушение элементов системы, включая детали, изготовленные из металлов. Применять воздушную систему охлаждения предпочтительнее в безводных районах.

К недостаткам воздушной системы охлаждения по сравнению с системой жидкостного охлаждения относятся: большая трудность обеспечения благоприятного теплового режима двигателя, повышенный расход картерного масла и шум во время работы.

Жидкостное охлаждение. При охлаждении двигателя с помощью жидкости камеру сгорания двигателя, находящуюся внутри цилиндра 11 (рис. 2), окружают полостью 7, называемой рубашкой. В эту рубашку заливают охлаждающую жидкость (воду или антифриз – водный раствор этиленгликоля, обладающий свойством замерзать при очень низких температурах).

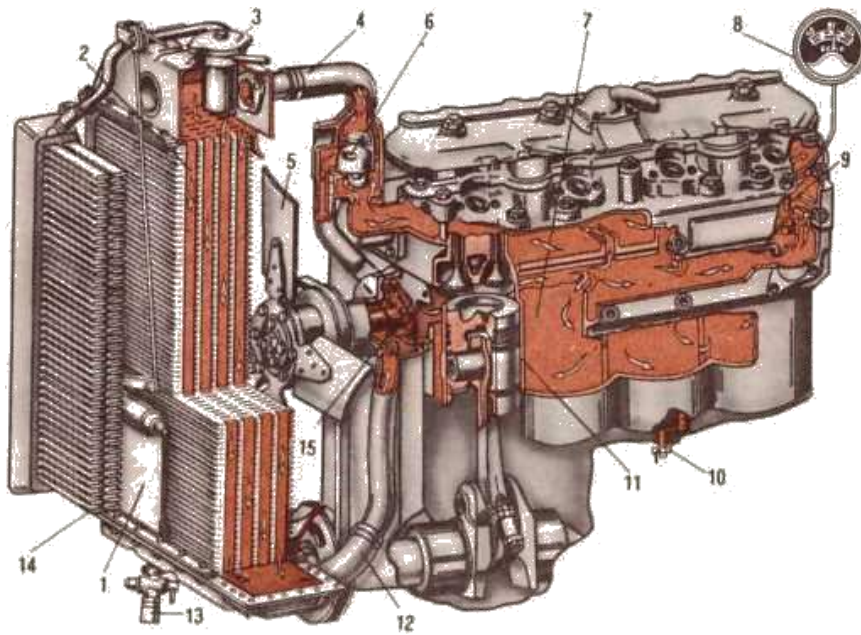


Рисунок 2 - Схема жидкостного охлаждения:

1 – шторка; *2* – радиатор; *3* – крышка; *4*, *12* – патрубки; *5* – вентилятор; *6* – термостат; *7* – рубашка охлаждения; *8* – термометр; *9* – датчик; *10*, *13* – спускные краны; *11* – цилиндр; *14* – масляный радиатор; *15* – насос.

Во время работы двигателя стенки цилиндра (гильзы) и головки цилиндра, прилегающие к камере сгорания, сильно нагреваются и передают теплоту жидкости, находящейся в рубашке.

Жидкость, нагретая в рубашке *7*, захватывается центробежным насосом *15*; через верхний патрубок *4* направляется в радиатор *2*, герметически закрытый крышкой *3*. Перетекая через трубки радиатора, жидкость охлаждается воздухом, просасываемым через радиатор вентилятором *5*, и направляется по нижнему патрубку *12* обратно в рубашку двигателя. Затем процесс повторяется.

Таким образом, охлаждающая жидкость, циркулируя в системе охлаждения во время работы двигателя, отбирает излишнюю теплоту от стенок цилиндра и головки и, проходя через радиатор, отдает ее в атмосферу, поддерживая тем самым нужную температуру деталей двигателя. Такая система охлаждения называется жидкостной, принудительной и закрытой.

Работа жидкостной системы охлаждения контролируется дистанционным

термометром 8, датчик 9 которого находится в верхнем баке радиатора или головке блока.

Температуру охлаждающей жидкости можно изменять при помощи шторки 1 вручную. Для автоматического поддержания нужной температуры двигатель снабжен термостатом 6. Для спуска охлаждающей жидкости из блока цилиндров используют спускной кран 10, а из нижнего бака радиатора – кран 13.

УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Радиатор предназначен для передачи теплоты от нагретой жидкости в окружающий воздух. Он состоит из верхнего 2 (рис. 3, а) и нижнего 8 бачков и сердцевины 1, в которой происходит охлаждение жидкости.

Верхний бачок имеет горловину для заливки жидкости, которая плотно закрывается крышкой 4. В верхнем бачке радиатора установлена контрольная пароотводная трубка, сообщающая внутреннюю полость верхнего бачка с атмосферой через расширительный бачёк. Нижний бачок имеет кран 7 или пробку для слива жидкости из системы. К стенкам верхнего и нижнего бачков прикреплены подводящий и отводящий патрубки, которые с помощью шлангов присоединены к патрубкам головки и блока двигателя.

Сердцевины радиаторов изготавливают трубчато-пластинчатыми, пластинчатыми и сотовыми.

Трубчато-пластинчатая сердцевина (рис. 3, б) состоит из нескольких рядов трубок 1 круглого или овального сечения. Концы трубок впаивают в верхний и нижний бачки. Чтобы повысить поверхность охлаждения и увеличить жесткость, трубки по длине соединены между собой тонкими пластинами 2. В этой сердцевине воздух проходит между трубками и охлаждает жидкость, протекающую по трубкам.

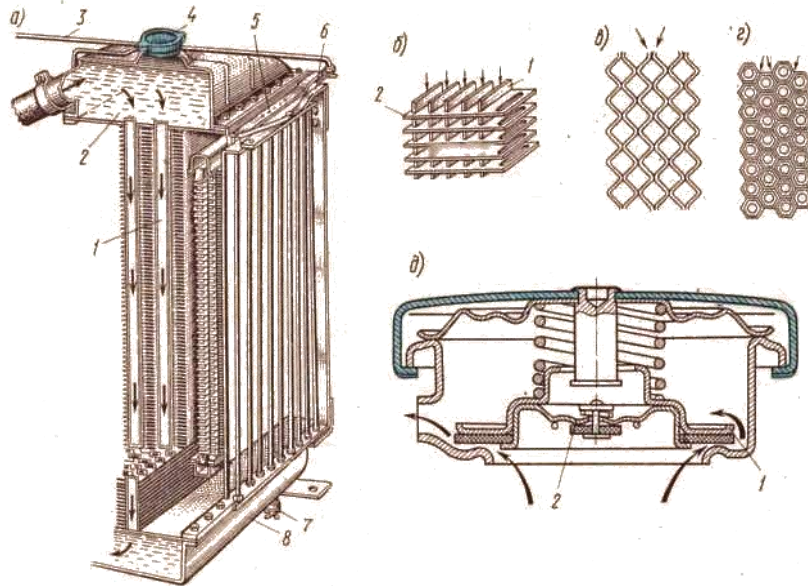


Рисунок 3 - Радиатор

Пластинчатая сердцевина (рис. 3, *в*) состоит из ряда зигзагообразных пластин, спаянных между собой и образующих пространство, по которому течет жидкость. Между трубками проходит воздух.

Сотовая сердцевина (рис. 3, *г*) состоит из ряда шестигранных трубок, расположенных горизонтально к направлению потока воздуха. Воздух, проходя по трубкам, охлаждает жидкость, протекающую между трубками.

Наибольшее распространение в двигателях получили радиаторы с трубчато-пластинчатой сердцевиной. Трубки и охлаждающие пластины большинства радиаторов изготавливают из меди, латуни, алюминия или термостойкой пластмассы.

Паровоздушный клапан. Во время работы двигателя жидкость, нагреваясь, испаряется, порой весьма интенсивно, в результате чего давление в системе охлаждения повышается. Если при этом пар не отвести из радиатора, то при дальнейшем увеличении давления трубки радиатора могут быть разрушены внутренним давлением пара (рис. 4, положение *1*). Чтобы не допустить повышения давления в системе охлаждения выше допустимого, в крышке верхнего бака предусмотрен паровой клапан 1 (рис. 3, *д*) с пружиной. Как только давление в системе охлаждения превысит 0,13... 0,14 МПа, пружина сожмется, клапан 1 приподнимется и пар свободно выйдет в атмосферу.

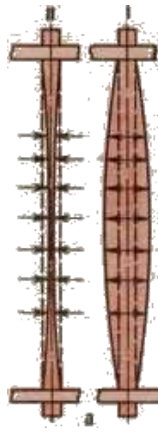


Рисунок 4 – Влияние давления пара в радиаторе на его трубки; *I* – давление повышенное; *II* – давление пониженное.

После остановки горячего двигателя пар, находящийся в верхнем баке радиатора, конденсируется и объем, занимаемый им, уменьшается. Это приводит к тому, что давление в радиаторе становится меньше атмосферного.

В результате такого явления трубки радиатора будут смяты атмосферным давлением (рис. 4, положение *II*). Чтобы этого не произошло, в момент понижения давления до 0,001 ...0,0012 МПа система охлаждения соединяется с окружающим воздухом при помощи воздушного клапана 2 (рис. 4, д), который открывает путь воздуху, идущему вовнутрь радиатора из атмосферы.

Центробежный насос предназначен для создания циркуляции охлаждающей жидкости в системе охлаждения. На двигателях с принудительным охлаждением устанавливаются центробежные насосы большой производительности, создающие давление на линии нагнетания от 0,05 до 0,2 МПа.

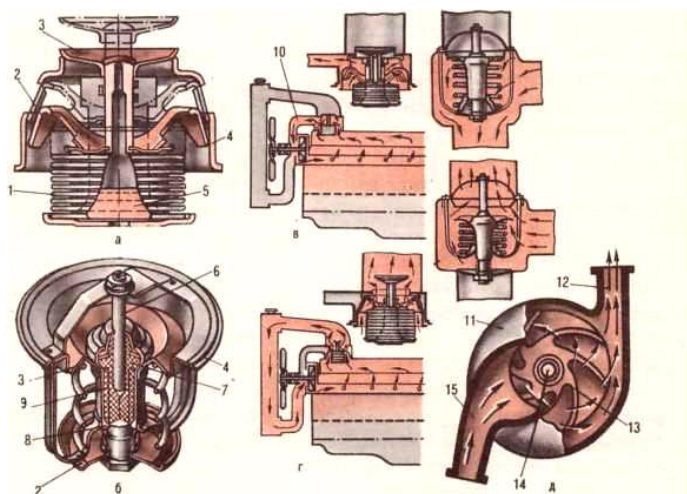


Рисунок 5 – Насос и термостат: *а* – жидкостный; *б* – с твердым наполнителем; *в* – двигатель холодный; *г* – двигатель горячий; *д* – схема действия водяного насоса; 1 – гофрированный цилиндр; 2 – перепускной клапан; 3 – сливной клапан; 4, 11 – корпуса; 5 – жидкость; 6 – поршень; 7 – резиновая втулка; 8 – баллон; 9 – активная масса; 10 – перепускная трубка; 12, 15 – патрубки; 13 – крыльчатка; 14 – вал

Центробежный насос (рис. 5) состоит из улиткообразного корпуса 11 с подводным 15 и отводящим 12 патрубками, крыльчатки 13, закрепленной на валике 14, и уплотнительного устройства. Валик насоса часто бывает объединен с валиком вентилятора и приводится во вращение от коленчатого вала с помощью клиноременной передачи. Принцип действия водяного насоса состоит в следующем. При вращении крыльчатки жидкость, поступающая из подводного патрубка к центру крыльчатки, отбрасывается центробежной силой к стенкам корпуса, откуда вытесняется в рубашку охлаждения через отводящий патрубок.

Термостат предназначен для автоматического поддержания температуры охлаждающей жидкости на нужном уровне при различных условиях работы двигателя, а также для ускорения его прогрева после пуска.

Устройство. Термостат состоит из следящего и исполнительного устройств, установленных в корпусе 4 (рис. 5, *а* и *б*).

Следящее устройство делают двух типов в виде гофрированного латунного цилиндра 1, частично заполненного легко испаряющейся жидкостью 5 (обычно 15 %-ный водный раствор этилового спирта), или баллона 8, внутри которого установлены поршень 6 и резиновая втулка 7. Пространство между резиновой втулкой и баллоном заполнено активной массой – смесью церезина (нефтяной воск) с алюминиевым порошком. Такая смесь при повышении температуры более 69 °С плавится и сильно увеличивается в объеме.

Принцип действия двухклапанного термостата состоит в следующем. Когда температура охлаждающей жидкости ниже 70 °С, основной клапан 3 перекрывает канал, ведущий в радиатор, и жидкость из головки цилиндров поступает по каналу 4 патрубка 10 в водяной насос минуя радиатор (рис. 5, в). Движение охлаждающей жидкости осуществляется по «малому кругу». При температуре жидкости свыше 70 °С гофрированный баллон деформируется вследствие увеличения упругости паров смеси и основной клапан 3 открывается, а вспомогательный клапан 2 перекрывает возможность движения к насосу и жидкость станет циркулировать через радиатор. Движение охлаждающей жидкости осуществляется по «большому кругу».

На многих двигателях применяют термостаты с твердым наполнителем. Термостат с твердым наполнителем (рис. 5, б) состоит из баллона 8, кожуха, резиновой мембраны, резинового буфера, крышки, штока и пружины. Баллон 8 заполнен активной массой, состоящей из церезина (нефтяной воск), перемешанного с медным порошком, и закрыт крышкой с резиновой мембраной 7. На мембрану 7 опирается поршень 6.

Принцип действия термостата с твердым наполнителем состоит в следующем. Когда температура охлаждающей жидкости ниже 70 °С, канал, соединяющий рубашку двигателя с радиатором, перекрыт и жидкость циркулирует, минуя радиатор по «малому кругу». При температуре охлаждающей жидкости свыше 70 °С масса 9 в баллоне плавится и, увеличивая свой объем, перемещает поршень вверх, открывая клапан 3, и жидкость циркулирует через радиатор. При снижении температуры жидкости масса 9 уменьшает свой объем, и, клапан 3, под воздействием пружины закрывается.

Вентилятор предназначен для усиления циркуляции воздуха через радиатор. В двигателях жидкостного охлаждения преимущественно применяют многолопастные осевые вентиляторы с числом лопастей 2-6. Лопasti вентилятора располагают радиально или под некоторым углом. Наивыгоднейший угол атаки для плоских лопастей 40-50°, а для выпуклых – около 35°. Для уменьшения вибрации и шума лопасти вентилятора располагают Х-образно, попарно под углом 70 и 110°.

Привод вентилятора может осуществляться постоянно или периодически. При постоянном приводе вентилятор закрепляют на одном валу с крыльчаткой насоса. Крутящий момент передаётся на приводной шкив ременной передачей от коленчатого вала. При периодическом приводе вентилятора он устанавливается в специальную крепёжную рамку диффузора радиатора. Система включения и выключения вентилятора может быть электрической, гидравлической и электрогидравлической.

Электрическая система включается при замыкании цепи электрическим термодатчиком, установленным в радиаторе. Датчик замыкает цепь при температуре выше 90°С. Приводной электродвигатель вращает ротор с вентилятором, создавая интенсивный воздушный поток через сердцевину радиатора.

Гидравлическая система обеспечивает активацию вращения лопастного вентилятора при нагревании моторного масла выше 70°С. При этом рабочее тело перепускного клапана – воск плавится и открывает канал подачи масла в гидромуфту. Масло в гидромуфте воздействует на внутренние лопасти и обеспечивает их вращение. Вентилятор закреплен на одном валу с внутренними лопастями и вращается вместе с ними.

При электрогидравлическом приводе электрический термодатчик замыкает электрическую цепь и подает напряжение на электрическую катушку. Сердечник катушки – гидравлический клапан. При перемещении сердечника открывается гидравлический канал, по которому моторное масло под давлением подается к гидромуфте. Гидромуфта обеспечивает вращение вентилятора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Состав, назначение и работа системы охлаждения ДВС.
2. Особенности конструкции радиаторов системы охлаждения.
3. Что такое термостат? Назначение. Устройство и принцип действия.
4. Какова роль насоса в системе охлаждения? Особенности конструкции. Расположение и привод на ДВС.
5. Особенности систем включения вентилятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов А.К., Лопарев А.А., Судницин В.И. Конструкция тракторов и автомобилей. М.: КолосС, 2007.
2. Конструкция тракторов и автомобилей / О.И. Поливаев, О.М. Костиков, А.В. Ворохобин, О.С. Ведринский. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 288 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.
4. Семенов В.М., Власенко В.Н. Трактор. М.: Агропромиздат, 1989. 352 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС.....	3
НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС.....	3
УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ.....	4
УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ.....	7
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	13
ЛИТЕРАТУРА.....	14

Учебное издание

Кузьменко Игорь Владимир

СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС

Учебно-методические указания для выполнения
лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили»
студентами инженерно-технологического факультета
по направлению подготовки:
35.03.06 Агроинженерия
профиль: Технические системы в агробизнесе
профиль: Технический сервис в АПК
по направлению подготовки:
23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы
профиль: Машины и оборудование природообустройства и
дорожного строительства

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 14.05.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 0,93. Тираж 25 экз. Изд. № 6376.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ